





ÉTUDES SUR L'EXPOSITION DE 1878

TOME VI

MÉTÉOROLOGIE.
MACHINES A VAPEUR. — TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE
CHIMIE INDUSTRIELLE. — HORLOGERIE. — CARROSSERIE.
NOTES COMPLÉMENTAIRES

La 1re partie des *Annales et Archives de l'industrie au XIXe siècle*, ou *Nouvelle technologie des arts et métiers*, est composée des *Etudes sur l'Exposition de 1867*, 8 vol. et un atlas de 250 planches. Prix : br., 80 francs; rel., 100 francs.

Paris. – Imprimerie E. Lacroix, 54 rue des Saints-Pères



ÉTUDES

SUR

L'EXPOSITION DE 1878

ANNALES ET ARCHIVES DE L'INDUSTRIE AU XIXe SIÈCLE

(2e PARTIE)

PUBLIÉES PAR MM.
LES RÉDACTEURS DES *ANNALES DU GÉNIE CIVIL*
AVEC LE CONCOURS D'INGÉNIEURS ET DE SAVANTS FRANÇAIS ET ÉTRANGERS

E. LACROIX

Chevalier de la Légion d'honneur. — Ancien officier d'infanterie de marine.
Ingénieur civil — Membre de l'Institut Royal des Ingénieurs de Hollande, de la Société Royale des Ingénieurs de Hongrie, de la Société industrielle de Mulhouse,
de la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale, etc.

Directeur de la Publication.

TOME SIXIÈME

MÉTÉOROLOGIE. — MACHINES A VAPEUR : LOCOMOTIVES,
LOCOMOBILES. — MACHINES POUR TRAMWAYS. — MACHINES FIXES ET DEMI-FIXES.
MACHINES A AIR, A GAZ, ETC. — TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE. — CHIMIE INDUSTRIELLE : SOUDES
ET POTASSES. — IMPRESSIONS, TEINTURE ET BLANCHIMENT DES TISSUS.
HORLOGERIE. — CARROSSERIE. — NOTES COMPLÉMENTAIRES.

---

vol gr. in-8°, xx-632 pages avec 212 figures intercalées dans le texte, 51 planches in f° et 4 tableaux

Ouvrage honoré de la souscription de M. le Ministre de la Marine.

PARIS
LIBRAIRIE SCIENTIFIQUE, INDUSTRIELLE ET AGRICOLE
Eugène LACROIX, Imprimeur-Éditeur
du *Bulletin officiel de la Marine*, Libraire de la Société des Ingénieurs civils de France,
de la Société des Conducteurs des ponts et chaussées, etc.
54, RUE DES SAINTS-PÈRES, 54
(Près le boulevard Saint-Germain)

ETUDES SUR L'EXPOSITION DE 1878

TOME VI

MÉTÉOROLOGIE.
MACHINES A VAPEUR. — TÉLÉGRAPHIE ELECTRIQUE.
HORLOGERIE. — CARROSSERIE. — CHIMIE INDUSTRIELLE.
NOTES COMPLÉMENTAIRES

TABLE DES MATIÈRES

Météorologie, par M. BOILLOT

	Pages.
Les observations météorologiques	1
Les prédictions météorologiques. — Organisation pour la prévision du temps	2
Le bureau central météorologique	6
Le rain motor. Étude d'une trombe en mer	7
Les gelées printanières	10
Pronostics du temps tirés des courants atmosphériques et des courants marins	11
Théorie de la formation de la grêle	15
Théorie des étoiles filantes	19
Origine des météorites	21
Cause de l'incandescence des bolides	22
Un aérolithe tombé en plein jour	23
Ozone	24
Orographe. — Radiomètre. — Bathomètre mesure de la marche des nuages	31
Observatoire météorologique de Montsouris	39
Magnétisme terrestre	40
Boussole des variations en déclinaison	41
Déclinomètre enregistreur	42
Magnétomètre de Gauss	»
Magnétomètre bifilaire	43
Boussole d'inclinaison absolue	»
Boussole des variations en inclinaison	44
Electricité atmosphérique	»
L'électromètre portatif de Thomson	45
L'électromètre enregistreur de Montsouris	46
Pression atmosphérique	»
Enregistreur barométrique de M. Bréguet	»
Baromètre enregistreur Redier	47
Baromètre balance Salleron	49
Température de l'air à l'ombre	50
Thermomètre et psychromètre Salleron	»
Actinomètre	»
Actinomètres à thermomètres conjugués	50
Actinomètre thermo-électrique et polarimètre de M. Duboscq	51
Photomètre d'Arago	52
Humidité de l'air, pluie. — Psychromètre	53
Hygromètre à condensation de E. Regnault	»

Udomètre enregistreur. 54
Evaporomètre. . . . . »
Observatoire météorologique du Puy-de-Dôme. 55
Observatoire météorologique du Pic du Midi. 56
La météorologie en Suisse. . . . 59
L'électricité atmosphérique. — Les orages. 60
Les aurores polaires. — Leur origine.. 68
Les régions polaires. — Le gulf-stream. — Voyages au Nord. . 73

Machines à vapeur

1re PARTIE : MACHINES LOCOMOTIVES, LOCOMOBILES ET MACHINES POUR TRAMWAYS, par M. J. GAUDRY, ingénieur civil.

Introduction 81

LOCOMOTIVES RAPIDES FRANÇAISES.

Locomotive à 3 essieux de la Cie de l'Est.. 89
Locomotive à grande vitesse (condition d'établissement). 91
Locomotive à 3 essieux de la Cie du Midi. 94
Locomotive à 4 essieux des Cies de Lyon et d'Orléans.. 95
Locomotive à 3 essieux de la Cie du Nord. 96
Locomotive à 4 essieux et avant-train mobile. 97
Locomotive à 3 essieux de la Cie de l'Ouest. . . . . »

LOCOMOTIVES RAPIDES ÉTRANGÈRES.

Great-Northern 240
North-Eastern. . . . . »
Glascow-and-South-Western. — Highland. — Darlington. — Great-Western-Railway.— Midland. 241
North-British. — Berlin-Postdam-Magdebourg. 242
Bergisch-Markische. — Coln-Minden-Brunswich. 243
Magdebourg-Halberstadt.—Nordbahn. — Sudbahn. 244
Principales conditions d'établissement.. 246

LOCOMOTIVES A VOYAGEURS DIVERSES.

Sharp et Stewart. 248
Locomotive italienne. — Ouest-pilote 249
Grand central Belge. — Fairlie. . 250
Suède. — Pensylvanie 251
Evrard 252

LOCOMOTIVES A PETITE VITESSE A SIX ET HUIT ROUES ACCOUPLÉES.

Ouest. — Fives. — Lyon. 254
Orléans. — Mallet. 255
Brigton. — Fox-Walker. — Locomotives américaines. 256
Sud-Bahn. — Sigl à Neustadt-Nydovist et Holm. 258
Zimmermann. 259
P. L. M. à 8 roues couplées. . . . 260
Orléans-Claparède. — Cockerill.. 261

PETITES LOCOMOTIVES.

Locomotive à cabestan du Nord. — Saint-Léonard Liège. 263
Riguenback à Aarau. — Fives — Brésil. — Locomotive à levier, système Brown. 264
Société des Batignolles. 265
Atelier de Passy. — Cail-Larmanjat. — Cail.. 266
Black-Hawthorn et Cie. —Ateliers de Couillet 267
Bourdon-Corpet. — Decauville. — Reschitza. 269
Quillacq-Mékarski 270
Locomotive à air comprimé, système Petau, pour mines. . . . »
Locomotive-wagon 271
Dispositions de détails des locomotives. 273
Locomotives de tramways 279
Voiture-locomotive. 284

2e PARTIE : MACHINES FIXES ET DEMI-FIXES, par M. LUCHARD, ingénieur civil.

	Pages
Préliminaires	469
Bâtis et plaques de fondation	475
Cylindres à vapeur	477
Mécanisme de transmission	478
Distributeurs	479
Organes de distribution	480
Régulateur de vitesse	483
MACHINES CORLISS.	
Legavrian et fils de Lille	485
Lecouteux et Garnier	486
Corbran et Lemarchand. — Farcot	487
Cail et Cie	491
Compagnie des forges et fonderies de L'Horme	493
Crespin et Marteau. — Weelock	494
Société de Marcinelle et Couillet	497
Cail, Halot et Cie	498
Ateliers de construction des chemins de fer de l'État de Hongrie	499
MACHINES SULZER.	
Satre et Averly	501
Lecointe et Villette. — Société de construction d'Anzin	502
Sulzer frères. — Valschaert	503
Société Suisse	504
Socin et Wick	505
Collmann	506
MACHINES A DEUX CYLINDRES SYSTÈME COMPOUND ET SYSTÈME WOLFF A BALANCIER.	
Claparède	508
Société de construction de Pantin	509
Société de construction des Batignolles	510
Cie de Fives-Lille	511
Escher, Wyss et Cie. — Hermann-Lachapelle	513
Dubuc	514
Schneider et Cie. — Flaud et Cohendet	515
Macabies, Thiollier et Guéraud	516
Walck-Virey. — Galloway et sons	518
Sulzer frères	520
Alexander Hermanos. — Bolinder	522
MACHINES WOLFF A BALANCIER.	
Powell et Cie	522
Windsor et fils	525
Boyer	526
Société Cockerill	528
MACHINES FIXES DIVERSES.	
Lebrun. — Cie de Fives-Lille	530
Boyer	531
Duvergier	532
Société des usines de Marquise. Farcot	533
Compagnie de Fives-Lille. — Olry et Granddemange	534
Chaligny et Guyot-Sionnest	535
Machine de 8 à 10 chevaux à détente fixe	536
Bréval. — Buffaud frères	»
Artige	537
Rikkers	538
Damey. — Brouhot	539
Chaudré. — Beer	540
Société des usines de Gilly	543
Société Cockerill. — Skoda	544
Marshall et fils	545
Bernays	546
Oudridge. — Hayward	547
Alexander Shanks. — Gwynne et Cie. — Tangye frères	548
Turner	549
Davey, Paxmann et Cie. — Ransomes, Sims et Head. — Robey et Cie. — Nicholson. — Clayton et Shuttleworth	550
Ruston, Proctor et Cie	551
Fau	552
MACHINES DEMI-FIXES.	
Cail et Cie	554
Weyher et Richemond. — Fouché et de la Harpe	555
Bréval	558
Rikkers	560
Chaligny et Guyot Sionnest	562
Hermann-Lachapelle	563
Wibart	566
Crespin et Marteau. — Aubert	567
Chaudré	568
Brouchot. — Fontaine	569
Clayton et Shuttleworth. — Turner. — Nicholson et Son. — Ruston	

	Pages.
Davey, Paxman et Cie. — Robey et Cie. — Ransomes	571
Alexander Shanks et Son	572
Hindley.-Stock frères	573

Petits moteurs industriels AUTRES QUE CEUX MUS PAR LA VAPEUR, par M. LUCHARD, ingénieur civil.

	Pages.
Moteurs à air chaud	575
Moteurs à gaz	579
Moteur Otto et Langen	580
Moteur Bischop	581
Moteur Simon	582
Moteur à pétrole	583
Moteur à eau sous pression	»

La télégraphie électrique, par M. le Cte Th. DU MONCEL, ingénieur électricien membre de l'Institut.

	Pages.
Systèmes télégraphiques à transmissions multiples et à combinaisons de signaux élémentaires	99
Système de M. Baudot	100
Manipulateur	102
Distributeur	104
Combinateur	106
Récepteur	111
Liaison des appareils entre eux	»
Système alphabétique	113

Chimie industrielle.

1° LA POTASSE ET LES SELS NEUTRES DE POTASSE, IODE, SALPÊTRE ET NITRATE DE SOUDE, par M. Tibulle COLLOT, chimiste.

PREMIÈRE PARTIE.

	Pages.
Introduction	117
Potasse extraite des cendres	119
Sels de potasse extraits des eaux de la mer	123
Potasse des varechs	126
Potasse des vinasses des distilleries de mélasse	129
Évaporation des vinasses	132
Méthodes diverses d'évaporation	133
Evaporation par effets multiples	136
Potasse extraite des laines	139
Extraction de la potasse de suint	140
Propriété physique de la potasse de suint	141
Raffinage des potasses	144
Séparation des sels	145
Évaporateurs Collot	147
Calcination des potasses	150
Potasse de transformation	151
Décomposition du chlorure de potassium	152
Transformation des sulfates en carbonates	153
Fabrication du salpêtre	160
Raffinage du salpêtre	162

DEUXIÈME PARTIE.

	Pages.
Examen de la situation actuelle	165
Sels de potasse de Strassfurt	»
Potasse extraite des cendres	169
Sels de potasse extraits des eaux de mer	170
Sels des varechs. — Iode. — Situation économique actuelle	171
Potasse de betteraves et de suint à l'Exposition	188
Potasse raffinée	»
Appareils nouveaux	196
Presse à lixiviation	209

TROISIÈME PARTIE. — SALPÊTRE ET NITRATE DE SOUDE.

	Pages.
Nitrate de soude. — Situation des gisements	211

	Pages
Exploitation des calicheras	214
Travail du caliche brut	216
Production et situation économique	218
Tableau des exportations du nitrate de soude	219
Salpêtre du Chili	223
Aspect général	225
Géologie	226
Dépôts de salpètre	228
Salpétrières d'Aguas Blancas	231
De l'origine du salpètre	»
Quantité de salpètre	232
Moyens d'exploitation et de transport	233
Analyse et titre des salpètres	235
Conclusion générale	236

2° IMPRESSIONS ET TEINTURE DES TISSUS, BLANCHIMENT ET BLANCHISSAGE, par M. Jos. Dépierre, ingénieur-chimiste.

	Pages.
Historique	349
Progrès réalisés depuis 1867	355
Noir d'aniline	357
Alizarine artificielle	361
Mordant d'acétate d'alumine	365
Mordant d'acétate de chaux	»
Recettes pour les couleurs vapeur	»
Nitro-alizarine	367
Bleu d'anthracène ou bleu d'alizarine	368
Indigo	369
De la préparation de l'indigo et de son application par les hydrosulfites	370
Préparation de l'hydrosulfite de soude acide	»
Préparation de l'hydrosulfite sodique saturé	371
Réduction de l'indigo	»
Fabrication des couleurs au moyen du précipité d'indigo réduit	372
Couleurs au précipité d'indigo réduit	373
Traitement des pièces imprimées	374
Anthra violet	375
Éosine	»
Céruléine et galléine	377
Naphtylamine	380
Outremers violet-rose	382
Couleurs d'aniline nouvelles et autres	383
Des couleurs dites au sulfure organique	385
Des huiles destinées à la fixation des couleurs, et généralement appelées mordants gras	386
Blanchissage	389
Lavage	392
Séchage	394
Blanchiment	395
Dessin industriel	399
Gravure	401
Apprêts	406
Machines et appareils employés dans la toile peinte et la teinture en général	408
Batteuses ou battoirs : brosseuse	409
Appareils relatifs à la préparation des couleurs	411
Appareils employés dans l'oxydation et le vaporisage des tissus	418
Vaporisage à la colonne	420
— à la cuve	»
Appareils à sécher : tambours, essoreuses, étentes, etc	426
Machine à tordre et à détordre les écheveaux	428
Séchoir à tambours et tôle étamée	429
Apprêts	»
Machines à tirer à poil en travers	436
Machine à glacer sans apprêt	440
Revue des exposants. — Données statistiques concernant l'impression et la teinture. — Conclusion.	
France	441
Colonies françaises	448

	Pages.
Angleterre	449
Etats-Unis	451
Suède et Norwège	452
Italie, Japon, Chine	453
Espagne	454
Autriche-Hongrie, Russie	455
Suisse, Belgique	456
Grèce, Danemark, Portugal	458
Pays-Bas et Colonies néerlandaises	459
Bibliographie	460
Légende de la machine à tordre les écheveaux	461
Notes complémentaires	466
La maroquinerie, la tabletterie et la vannerie	»
La papeterie, les teintures et les impressions	467

L'horlogerie, par M. Berlioz, ingénieur-constructeur.

	Pages.
Horlogerie de précision	287
Les régulateurs	288
Les chronomètres	293
Les compteurs	313
Les pièces de voyage	315
Horlogerie ordinaire ou à l'usage civil. — Horloges. — Réveils. — Pendules. — Montres	323
Mécanisme des réveils	330
Pendules	331
Montres	332
Description des objets exposés	337
L'horlogerie ordinaire	344

La carrosserie, par M. Anthoni, ingénieur-constructeur.

	Pages.
Préliminaires	585
Poids des voitures	»
Roues.	
Position des rais	588
Influence du profil en travers des routes	589
Ecuanteur des roues	»
Position des roues	590
Les roues à l'Exposition de 1878	»
Bandages en caoutchouc	592
Interposition du caoutchouc entre la boîte et le moyeu	593
Machines à roues	»
Essieux	
Fusées d'essieu	595
Essieux à graisse	»
Essieu patent à l'huile	596
Enrayage des essieux	599
Boîte de sûreté	»
Ressorts	
Leur utilité; leurs formes	600
Ressorts droits	601
Ressorts-pincettes et demi-pincettes	»
Ressorts en C et montage à 8 ressorts	602
Ressorts à élasticité horizontale	»
Triple suspension	603
Bobine carrée en caoutchouc appliquée entre le ressort et l'essieu	604
Suspension des voitures	
Examen général	605
Avant-train	607
Caisses	611
Landaus	613
Voitures.	
Voitures à deux roues	615
Vélocipèdes	616
Voitures à 4 roues	»
Phaétons-Wagonnettes	»
Ducs, Milords	617
Coupés, Cabs	618
Landaus, Landaulets	»
Voitures à panneaux et à glaces mobiles	619

Pages.
Voitures diverses. 620

APPAREILS ENREGISTREURS

Odographe. 621
Dynamomètre. 622
Dynamographe 623
Tambour à levier. 624
Résultats d'expériences sur le tirage des voitures. . . . . . »
Séismographe 627
CONCLUSION 628
Légende des planches 630

Note complémentaire.

MATÉRIEL ET PROCÉDÉS DE LA TÉLÉGRAPHIE.

Télégraphie électrique. 631
Télégraphie acoustique . . . . »
Télégraphie optique.. 632

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

TABLE DES FIGURES

I. — Météorologie.

Figures.		Pages.
1.	— Observation d'une trombe dans le détroit à Malacca. . . .	9
2.	— Contexture des grêlons.	18
3 à 6.	— Tubes divers en verre.	28
7.	— Bathomètre	37
8 et 9.	— Magnétisme terrestre.	40
10.	— Boussole des variations en déclinaison.	41
11 et 12.	— Déclinomètre et enregistreur des variations d'inclinaison.	42
13.	— Magnétomètre bifilaire.	43
14.	— Boussole d'inclinaison absolue.	44
15.	— Boussole des variations en inclinaison.	45
16.	— Électromètre	»
17.	— Électromètre portatif.	46
18.	— Électromètre enregistreur.	47
19.	— Enregistreur barométrique de M. Bréguet.	»
20.	— Baromètre enregistreur Redier.	48
21.	— Baromètre-balance	»
22.	— Abri des thermomètres fixes.	49
23.	— Thermomètre et psychromètre Salleron.	»
24.	— Actinomètres à thermomètres conjugués.	51
25.	— Actinomètre thermo-électrique et polarimètre.	»
26.	— Cyanomètre.	52
27.	— Photomètre d'Arago.	53
28.	— Psychromètre ordinaire.	»
29.	— Hygromètre de M. Regnault	54
30.	— Udomètre enregistreur	»
31.	— Évaporomètre.	»
32.	— Anémomètre	55
33.	— Aurore australe.	69

II. — Machines à vapeur.

1° Locomotives, locomobiles, machines pour tramways.

1.	— Machine de Sharp.	85
2.	— Machine de l'Est à 6 roues.	92
3.	— Machine de Lyon à 8 roues.	93
4.	— Machine à six roues construite par Borsig de Berlin. . . .	242
5.	— Locomotive Fairlie à 8 roues.	251
6.	— — — à 12 roues.	»
7.	— Plan de la locomotive Fairlie.	252
8.	— Machine à 12 roues du Nord.	253
9.	— Machine Ouest-Fives.	254

Figures.		Pages.
10.	— Machine du Creusot	255
11.	— Locomotive d'Orléans	263
12.	— Locomotive à levier de Brown	265
13.	— Locomotive de Couillet	268
14.	— Omnibus à vapeur Fairlie	280
15 et 16.	— Voiture automotrice desservant les tramways d'Edimbourg (plan et coupe)	284

2° Machines a vapeur fixes et demi-fixes.

1.	— Machine à vapeur système Sulzer	473
2.	— Régulateur Porter	484
3.	— — Cocinus	485
4.	— Machine Corliss de 60 chevaux à condensation et à détente variable par le régulateur	492
5.	— Machine à cylindre de M. May	507
6.	— Régulateur Andrade	514
7.	— Machine Compound à 4 pistons	517
8.	— Machine Macabies à un seul cylindre	519
9.	— Autre disposition de la machine Macabies	»
10.	— Machine horizontale Damey	539
11.	— Machine à 2 cylindres jumeaux système Bernays	546
12.	— Machine Turner	549
13.	— Machine Nicholson	551
14.	— Moteur Fouché et de Laharpe	556
15.	— Chaudière Fouché et de Laharpe	557
16.	— Distribution à répétition (système de Laharpe)	558
17.	— Moteur Bréval	559
18.	— Chaudière du moteur mi-fixe Rikkers	560
19.	— Moteur demi-fixe, (Chaligny et Guyot-Sionnest)	561
20.	— Machine mi-fixe à 2 cylindres (Hermann-Lachapelle)	563
21.	— Machine mi-fixe à un seul cylindre (Hermann-Lachapelle)	565
22.	— Moteur mi-fixe vertical (Hermann-Lachapelle)	»
23.	— Moteur mi-fixe Wibart	566
24.	— Chaudière de moteur mi-fixe Chaudré	568
25.	— Moteur mi-fixe Ransomes, Sims et Head	572
26.	— Machine à air chaud (Wilcox)	576
27 et 28.	— Machine à air chaud (système Rider	578

III. — **Télégraphie électrique.**

1.	— Manipulateur	103
2.	— Distributeur	104
3.	— Distributeur	105
4.	— Développements des contacts	107
5.	— Récepteur	111
6.	— Commutateur	112
7.	— Signe alphabétique de M. Baudot	114

IV. — Chimie industrielle.

1° Soudes et potasses.

Figures.		Pages.
1.	— Chaudière à feu nu chauffée au bois.	121
2 à 4.	— Plan, coupe et perspective d'un four à calciner.	»
5 à 8.	— Fours divers d'évaporation.	134
9.	— Fours à action continue.	121
10.	— Plan et perspective du four (sytème Romains et Collot).	137
11.	— Évaporateurs Collot.	148
12 et 13.	— Chaudière à tubes emboutés.	149
14.	— Four à calciner.	150
15 et 16.	— Four à décomposition.	153
17.	— Détails des pièces d'une batterie de condensation.	155
18.	— Injecteur d'air pour exider les lessives de potasse. . . .	157
19.	— Appareil à carbonater.	»
20.	— Gisement de Strassfurt.	166
21.	— Machine à casser les corps durs.	200
22.	— Presse à lixiviation.	209
23.	— Carte des dépôts de salpêtre au Chili.	224

2° Impression et teinture des tissus, blanchiment et blanchissage.

1.	— Lessiveuse Maillard	391
2.	— Laveuse	392
3.	— Machine à laver à simple et à double enveloppe.	393
4.	— Essoreuse par compression	»
5.	— Séchoir rotatif	394
6.	— Réservoir pour imprimer les battiks	402
7.	— Planche à battiks	»
8.	— Pantographe de Guérin	404
9 à 12.	— Vide-tourie Serrin.	412
13.	— Broyeuse à cône	413
14.	— — à boulets	»
15.	— Appareil Garlandat . . . . , ...	419
16.	— Cuve au tonneau.	420
17.	— — à vaporiser	42
18.	— Barque à teindre les échevaux	423
19.	— Séchage (système Koërting).	427
20.	— Appareil pour apprêts.	430
21.	— Taparka	433
22.	— Machine à doubler	434

V. — Horlogerie.

1 et 2.	— Organes de remontoir.	289
3.	— Mécanisme de remontoir.	292
4.	— Balancier de chronomètre.	295
5.	— Spiral cylindrique.	298

Figures.		Pages.
6.	— Serge	»
7.	— Spirale cylindrique	299
8.	— Balancier de M. Vissière	310
9.	— Système de balancier	311
10 à 13.	— Balancier; élévation, plan, coupe et profil	312
14 et 15.	— Chronomètre auxiliaire Samuel	316
16.	— Échappement Samuel	318
17 à 19.	— Échappement à cylindre	321
20 à 22.	— Échappement à ancre	322
23.	— Cadrature	324
24 et 24(bis).	— Cadrature, ancien système	326
25 et 26.	— Cadrature moderne	329
27.	— Mécanisme des réveils	330
28.	— Canon	»
29.	— Mécanisme de M. H. Robert	331
30.	— Mouvement de pendule	333
31.	— Double rouage de mouvement et de sonnerie	»
32.	— Platine du fond	»
33.	— Coupe du mouvement horaire	»
34.	— Coupe en profil du mécanisme de la sonnerie	»
35 à 38	— Échappements à ancre	»
39.	— Echappements Saunier	348

VI. — La carrosserie.

1.	— Essieu patent avec patin à brides	594
2.	— Essieu à graisse	596
3.	— Essieu demi-patent	
4.	— Essieu patent à graisse	»
5.	— Essieu patent à l'huile	597
6 à 10.	— — — détails	»
11.	— Essieu d'omnibus	598
12 et 13.	— — détails	»
14.	— Boîte de sûreté	600
15.	— Ressort droit	601
16 et 17.	— Ressort-pincette à main	»
18.	— Ressort demi-pincette	602
19 et 20.	— — — détails	»
21 et 22.	— Ressort en C	603
23 et 24.	— Ressort à triple suspension	»
25 et 26.	— Bobine élastique	604
27.	— Bobine carrée	»
28 à 32.	— Avant-trains	608
33.	— Courbe du travail dépensé par la traction d'une voiture sans intermédiaire élastique	610
34.	— Courbe du travail dépensé par la traction d'une voiture avec intermédiaire élastique	»
35.	— Serrure à levier mobile	613
36.	— Odographe	622
37.	— Dynamographe	623

Figures.		Pages.
38.	— Tambour à levier	624
39 à 42.	— Oscillations des voitures sur pavé, macadam ou asphalte	627
43.	— Séismographe (élévation)	628
44.	— — (plan)	

Voir pour les figures 45 à 81, la légende des planches I et II p. 630.

FIN DE LA TABLE DES FIGURES.

TABLE DES PLANCHES.

I. — Machines à vapeur locomotives (14 pl. 4 tabl.).

Planches.

I. — Locomotives à grande vitesse de construction française.
II. — Locomotives à grande vitesse de construction étrangère.
III. — Locomotives à voyageurs françaises et étrangères.
IV. — Locomotive grande vitesse du chemin de fer d'Orléans, coupe transversale.
V. — Locomotive coupe longitudinale.
VI. — — à grande vitesse du chemin de fer de Lyon, coupe longitudinale.
VII. — Locomotive à grande vitesse du chemin de fer de Lyon, coupe transversale.
VIII. — Locomotives à 3 et 4 essieux accouplés.
IX. — — pour chemins secondaires.
X. — Petites locomotives.
XI. — Locomotives pour tramways.
XII. — Voiture à vapeur, système Belpaire.
XIII. — Détails de locomotives.
XIV. — — — appareil respiratoire Galibert, foyer Tenbrinck modifié.

Tableaux.

B. — État comparatif des locomotives à 6 et à 8 roues accouplées.
C. — Etat comparatif des locomotives à voyageurs.
D. — Etat comparatif des petites locomotives pour chemins secondaires, mines, usines, etc.
E. — Etat comparatif des locomotives pour tramways.

II. — Machines fixes et demi-fixes (10 pl.).

Planches.

I. — Machine Corliss horizontale à détente variable.
II. — — Corliss et Sulzer.
III. — — de la Société de construction d'Anzin.
IV. — — Corliss et Sulzer.
V. — — Compound; Claparède et Cie, Escher et Wyss, Windsor et fils.
VI. — — diverses : — Société des mines de Marquise. — Marshall de Gainsborough. — Détente Correy.
VII. — Machine Wolff à balancier système Powel.
VIII. — — diverses Compound, Hermann-Lachapelle.
IX. — — — Frey, Breval, Chaligny, Calla, Gwine.
X. — — — Chaudières Breval, Rikkers, Wibart.

III. — Chimie industrielle.

1°. — Soudes et potasses (5 pl.).

I. — Plan général de la raffinerie nationale de salpêtre de Lille.
II. — Appareil pour l'évaporation des dissolutions salées; élévation et coupe.
III. — — — — — — coupe transversale par l'axe du vase R.

Planches.
IV. — Coupe et détails de la raffinerie nationale de salpêtre de Lille.
V. — Fours pour l'incénération continue des goëmons verts.

2°. — Impressions et teinture des tissus (17 pl.).

I. — Machine à brosser, élévation vue de côté.
II. — Appareils de blanchiment et de préparation : Lessiveuses, batteuses, vis à élargir, fermetures pour vaporisage.
III. — Elargisseuse américaine, plan et coupe.
IV. — Machines diverses : Vaporisage système Richard. Secoueuse Coron. Cuisine aux couleurs. — Tondeuse. — Blanchiment Barlow. — Machine à coudre.
V. — Cuve à fixer, appareil à lessiver, cuve à teindre.
VI. — Appareil à dégommer et à bouser. Machine à griller les tissus (système Tulpin). Cuve à savonner à la continue.
VII. — Appareils divers: essoreuse à main, grilleuse système Blanche. Videtourie, appareil à tamiser les couleurs, broyeuse. Dessin de Battik.
VIII. — Machine à sécher les étoffes, élévation et plan. Chaudière à blanchir; charriot de sècherie à air chaud.
IX. — Machine à sécher les écheveaux : plan et élévation, machine à sécher à laver au large les moleskines.
X. — Machine à sécher les étoffes, Appareils à teindre, chlorage à la vapeur, bleutage.
XI. — Machine à élargir les tissus; détails. Séchoir avec hélice Chaudet.
XII. — Machine à élargir tous tissus.
XIII. — Machine à tirer les étoffes à poil en travers.
XIV. — Machine à gratter et à glacer. — Machine à glacer les fils, machine à tirer les étoffes à poil avec dessins, plan, élévation et coupe.
XV. — Appareils de préparation et de teinture. — Machines à tordre les écheveaux, élargisseuses, enrouloir.
XVI. — Machines à sécher et à apprêter. Séchoir avec élargisseuse Palmer.
XVII. — Spécimens de tissus imprimés teints et d'écheveaux teints : noir d'aniline avec rouge et rose, bleu d'anthracène teint, pompadour six couleurs, vert de céruléine, bleu d'alizarine vapeur, noir d'aniline inverdissable, vert céruléine par teinture, rouge alizarine, violet alizarine, rose alizarine.

IV. — **Horlogerie** (3 pl.).

I. — Montres marines de M. Henri Robert.
II. — Compteur Henri Robert.
III. — Montres à remontoir et mises à l'heure sans clef.

V. — **La Carrosserie** (2 pl.).

I. — Voitures diverses.
II. — Voitures-vélocipèdes, etc.

FIN DE LA TABLE DES PLANCHES.

MÉTÉOROLOGIE

PAR

M. BOILLOT

SOMMAIRE.

I. Les observations météorologiques. — II. Les prédictions météorologiques. — Organisations pour la prévision du temps. — III. Le Bureau central météorologique. — IV. Le rain motor. — Étude d'une trombe en mer. — V. Les gelées printannières. — VI. Pronostics du temps tirés des courants atmosphériques et des courants marins. — VII. Théorie de la formation de la grêle. — VIII. Théorie des étoiles filantes. — Origine des météoristes. — Cause de l'incandescence des bolides. — Un aérolithe tombée en plein jour. — IX. Ozone. — Appareils nouveaux pour la production de l'ozone. — X. Orographe. — Radiamètre. — Bathomètre. — Mesure de la marche des nuages. — XI. Observatoire météorologique de Montsouris, à Paris. — Rapport de M. Marié-Davy. — Magnétisme terrestre. — Pression atmosphérique. — Température. — Actinométrie. — Humidité et pluie. — Anémométrie. — XII. Observatoire météorologique du Puy-de-Dôme. — La météorologie en Suisse. — XIII. Électricité atmosphérique. — Les orages. — Origine de l'électricité atmosphérique. — Éclairs sans tonnerre. — Courants électriques de haute tension. — Causes des éclairs en boules. — XIV. Les aurores polaires, leur origine. — Explication des aurores polaires et des apparences cometaires. — XV. Les régions polaires. — Le Gulfstream. — Voyages au Nord. — Conclusion.

I. — Les observations météorologiques.

Aujourd'hui les divisions dans la science sont nombreuses. C'est ainsi que la physique, outre les deux points de vue de physique expérimentale et de physique mathématique, sous lesquels on la considère, a dû se séparer de la chimie et donner naissance à la minéralogie, à la géologie; et, de même que l'hydrographie et la climatologie forment des sciences spéciales, la météorologie, prend un développement tout particulier. Mais ici que de difficultés attendent l'investigateur! les influences des localités, soit par leur position géographique, soit par les accidents de terrain, le voisinage de la mer, des fleuves, des bois, des montagnes, etc., ne sont pas les moindres causes qui viennent compliquer les effets à expliquer.

La température atmosphérique, extrêmement variable, est considérablement influencée par ces diverses causes. Les vents eux-mêmes, dont les courants changent de direction avec la hauteur au-dessus du sol, présentent dans les couches d'air voisines de la surface de la terre des vicissitudes liées également à la disposition des localités. La pression atmosphérique, l'état hygrométrique, la quantité de pluie, les phénomènes lumineux, etc., reçoivent aussi des modifications variables avec la nature et la position du sol. Ces causes ne sont pas, à beaucoup près, les seules qui concourent à la production des phénomènes et des changements atmosphériques. Ceux-ci s'influencent mutuellement, se modifient sous l'action de la rotation du globe, des courants marins, et dépendent peut-être encore des astres; nous aurons, en effet, à examiner les influences

cosmiques. On le voit, des actions si complexes, provenant d'agents physiques si divers ne sont pas faciles à démêler.

Par exemple, les oscillations du baromètre sont liées à la température qui, toujours très-variable dans un même lieu. dépend elle-même de l'action du soleil et des autres corps semés dans l'espace, et change aux différentes heures du jour.

La réfraction des rayons lumineux à travers l'atmosphère, varie avec la densité de celle-ci et, par suite, avec sa température, tandis que l'apparition de l'arc-en-ciel est soumis à la fois à la constitution des nuages et à la position du soleil par rapport à l'observateur. Mais combien d'autres phénomènes curieux et importants restent totalement inexpliqués, et réclament le concours des observations et des théoriciens?

La grande affaire pour l'avenir de la météorologie, c'est d'avoir de bonnes observations, systématiquement exécutées sur une vaste échelle à peu près sur tous les points accessibles à l'homme et à des hauteurs variables pour chaque localité, circonstance qu'on n'a pas réalisé jusqu'ici. D'ailleurs, les observatoires ne sont point assez nombreux pour pouvoir tirer quelque chose de précis de la discussion des observations qui y sont faites. Cependant, nous constaterons en passant que, par décret daté du 11 mars 1878, il est créé un observatoire astronomique, météorologique, et chronométrique à Besançon; un observatoire astronomique et météorologique à Bordeaux; un observatoire astronomique et météorologique à Lyon. Ces trois nouveaux établissements, avec ceux que nous possédons déjà (Paris, Montsouris, Meudon, Marseille, Toulouse, le Puy-de-Dôme, le Pic du Midi), portent à huit les stations astronomiques et à onze les stations météorologiques françaises, en comptant l'observatoire de M. Bérigny à Versailles. A ce propos, M. l'abbé Moigno fait observer que nous sommes encore bien éloignés du chiffre 35, que la France possédait avant la Révolution.

Il est vrai que le système des avertissements donnés sur la prévision du temps a fait organiser en un grand nombre de lieux de notre territoire des observations météorologiques; mais ces observations étant faites souvent par un grand nombre de personnes non spécialement vouées à ce genre de travail, on ne doit guère compter sur une exactitude scrupuleuse.

II. — Les prédictions météorologiques. — Organisation pour la prévision du temps.

On a voulu dans ces derniers temps diriger les études météorologiques du côté de la prévision des changements atmosphériques; nous verrons ce qui a été fait dans cette direction. Pour le moment, nous dirons qu'on doit se tenir en garde contre les prédictions, et combattre la tendance de beaucoup de personnes portées à croire que les savants peuvent et doivent connaître le temps à l'avance, et généralement tous les phénomènes auxquels les couches d'air et la surface du sol sont soumis. Pour en arriver là, on peut dire qu'il y a une distance de temps immense à franchir, si tant est qu'on y arrive jamais. Estce à dire pour cela qu'il faille se décourager? Non, certes, et quand même la météorologie n'aurait de commun avec les autres sciences que la qualité de tenir l'esprit en état de défense contre l'erreur, encore ne faudrait-il pas la dédaigner. Mais sa destinée est plus grande, elle a aussi son influence sur la société, car elle promet de nous venir en aide, en apportant une large part aux besoins de l'agriculture.

Pour nous, notre tâche est, en termes généraux, de mettre en relief les moyens de la science et ses acquisitions nouvelles, d'éclairer les points obscurs, afin de mettre tout le monde à même de jouir des avantages qu'offre la météorologie.

La prédiction du temps est certainement le problème le plus épineux de la météorologie. La possibilité de prévoir le temps un ou deux jours à l'avance a été proclamée par Lavoisier, ainsi que l'a fait remarquer M. Dumas, au moment où il corrigeait les dernières feuilles du troisième volume des œuvres du père de la chimie moderne. L'opinion d'un homme comme Lavoisier mérite d'être écoutée, surtout quand il s'agit de fixer la portée d'un genre de recherches qui nécessitent des travaux immenses, Aussi rappellerons-nous cette opinion telle qu'elle a été communiquée par le savant illustre qui s'est donné la tâche d'éditer les œuvres de notre célèbre compatriote, M. Dumas avait sous les yeux la preuve que la possibilité de prédire le temps, au moyen d'observations météorologiques exactes et simultanées, avait beaucoup occupé Lavoisier, non-seulement au point de vue théorique, mais pratiquement, et qu'il avait donné à la création des observations et des instruments nécessaires des soins personnels très-sérieux.

Dans une première note, Lavoisier expose que, les observations de Borda à ce sujet, l'ayant frappé par leur importance, il s'entendit avec lui pour ouvrir des conférences auxquelles prirent part Laplace, d'Arcy, de Vendermonde, de Montigny, etc. Il s'agissait d'établir des instruments et surtout des baromètres comparables, en un grand nombre de points de la France, de l'Europe et même du globe tout entier. Nombre de ces instruments furent distribués par Lavoisier, et quand on en a lu la description, il n'est pas difficile de s'assurer que quelques châteaux possédaient encore, il y a peu d'années, des instruments donnés par lui à cette occasion. Lavoisier reproduit dans une seconde note les règles pour prédire le temps, et il conclut en ces termes : la prédiction des changements qui doivent arriver au temps est un art qui a ses principes et ses règles. qui exige une grande expérience et l'attention d'un physicien très-exercé; que les données nécessaires pour cet art sont : l'observation habituelle et journalière des variations de la hauteur du mercure dans le baromètre, la force et la direction des vents à différentes élévations, l'état hygrométrique de l'air. Avec toutes ces données, il est presque toujours possible de prévoir, un jour ou deux à l'avance, avec une très-grande probabilité, le temps qu'il doit faire ; on pense même qu'il ne serait pas impossible de publier tous les matins un journal de prédiction qui serait d'une grande utilité pour la société.

Bien entendu que ces prédictions devaient embrasser, ainsi que cela résulte de la première phrase de la note, les transports d'air qui se font continuellement dans un sens ou dans un autre et auxquels on donne le nom de vents.

M. Dumas a voulu prouver seulement que si, à une époque où le physicien, placé au centre des observations, ne pouvait pas être averti des faits constatés, comme il l'est maintenant presque instantanément par la télégraphie, Borda, Lavoisier, Laplace et leurs éminents confrères avaient jugé possible la prédiction du temps dans beaucoup de cas, vingt-quatre heures à l'avance, à plus forte raison y a-t-il lieu d'encourager de telles études aujourd'hui.

Dans une circulaire adressée aux physiciens, en 1852, par les fondateurs de la société météorologique de France, on lit ces mots : « Avant peu, l'Europe entière sera sillonnée de fils métalliques qui feront disparaître les distances et permettront de signaler, à mesure qu'ils se produiront, les phénomènes atmosphériques et d'en prévoir ainsi les conséquences les plus éloignées. »

Le lieutenant américain Maury, auteur des *Instructions sur les cartes nautiques*, a provoqué le mouvement météorologique de notre époque. L'étude des courants atmosphériques et maritimes a été signalée par lui à l'attention des praticiens; il a réalisé en partie les vues qu'il avait émises et il a proclamé l'urgence des observations faites sur tous les points de la terre accessibles à l'homme. Les cartes dressées par lui tendent non-seulement à faire connaître

l'arrivée des tempêtes, mais encore à indiquer les vents qui règnent aux diverses époques de l'année sur toute l'étendue de l'Océan.

Au congrès météorologique de Bruxelles, en 1853, les idées du lieutenant Maury obtinrent l'assentiment de tous les savants qui s'y étaient rassemblés.

Avant, l'éminent météorologiste américain, M. Marden, secrétaire de l'amirauté anglaise, avait eu l'idée de la prédiction des tempêtes à l'usage de la marine. Trente ans plus tard, le capitaine Beecher revint sur la solution du même problème sans plus de succès.

Deux ans s'étaient à peine écoulés depuis le congrès de Bruxelles, lorsque M. Le Verrier voulut organiser en France le service international des prévisions météorologiques. L'Observatoire de Paris devint le centre de ce service. La pensée qui a présidé à cette organisation est de recueillir un grand nombre d'observations au moyen de la télégraphie électrique, afin d'en tirer des présages du temps.

Le 16 février 1855, le directeur de l'Observatoire de Paris avait terminé le projet d'un vaste réseau de météorologie, destiné à avertir les marins de l'arrivée des tempêtes. La même année, Biot émit ainsi son opinion sur ce projet : « Si, comme M. Le Verrier l'a proposé, on constatait simultanément l'état statique de l'atmosphère inférieure en beaucoup de lieux, se rattachant à un centre commun où l'on discuterait comparativement ces résultats, nous ne pensons pas du tout qu'une telle étude serait stérile... Nous croyons, au contraire, qu'on en déduirait sur les grandes convulsions accidentelles des couches inférieures de l'atmosphère, des conditions de correspondance qui pourraient être fort utiles à connaître, et amener à des applications importantes aux besoins pratiques de la société. »

En 1856, l'organisation du réseau français était terminée. A la fin de 1867, les travaux comprenaient : 1° La prévision du temps et les avertissements qui en découlent; 2° l'étude des phénomènes météorologiques à la mer; 3° l'étude des climats dans les écoles normales; 4° enfin l'étude des orages sur le sol de la France. « Chaque jour, dit M. Le Verrier, (24 juillet 1865), nous arrivent des différentes parties de l'Europe, soixante-dix dépêches; elles parviennent entre 9 heures et 11 heures 30 minutes du matin; plus tard elles ne pourraient entrer dans le service du jour... A l'égard de la marche à suivre pour les avertissements, on se trouve en présence de conseils systématiques et diamétralement opposés. Les uns vous disent : attendez qu'une tempête se présente pour la signaler partout à la fois; tandis que les autres affirment que cette marche serait exclusive de toute science, et qu'il faut, en étudiant l'état actuel de l'atmosphère, prédire le temps vingt-quatre heures ou quarante-huit heures à l'avance... La connaissance de la situation du centre de dépression et de sa marche peut heureusement permettre de formuler des prévisions qui sont assez exactes, quand on ne veut les étendre qu'à vingt-quatre heures, mais qui seraient sujettes à bien des déceptions quant à présent, si l'on voulait les étendre plus loin. »

L'amiral Fitz-Roy appliqua, en 1859, la télégraphie à la transmission des variations météorologiques, de façon à pouvoir annoncer quelquefois l'approche d'une tempête. La première fois qu'il fit usage de signaux d'avertissements, date de 1861, vers le mois de février 1862 ses premières prévisions sur le temps furent publiées.

« Ce ne sont pas, à vrai dire, des prophéties ou des prédictions dans le sens réel du mot; l'expression de prévision est tout simplement applicable à une opinion résultant de combinaisons et de calculs scientifiques qui peuvent parfois, quoique rarement, être démentis... »

Au milieu du mois de mai 1866, M. Le Verrier optait définitivement pour un

système intermédiaire, en rappelant à l'Académie des sciences une communication qu'il avait faite l'année précédente, dans laquelle il voulait qu'on ménageât le moyen d'envoyer des avis supplémentaires pour les circonstances exceptionnelles. Il s'agissait d'établir un service du soir pendant lequel les dépêches venues de l'étranger seraient reçues et utilisées, Au mois d'octobre de la même année, M. Le Verrier pensait qu'il y avait lieu de supprimer définitivement la prévision faite invariablement la veille pour le temps du lendemain, dans des termes absolus, et de s'en rapporter en plus au service combiné du soir et du matin. A cette occasion, l'illustre astronome s'est prononcé catégoriquement sur la manière dont il envisageait les prévisions : « ... Nous ne pouvions nous trouver d'accord avec ceux qui s'imaginent qu'il deviendra possible de fixer quelques jours à l'avance le lieu et l'heure des phénomènes météorologiques. Mais de telles affirmations chimériques, bonnes pour nourrir le public de fausses illusions, ne sont pas propres à assurer la marche de la science. »

Tenant compte des faits et de l'expérience acquise, M. Leverrier persistait à penser :

1° Qu'il faut maintenir l'envoi journalier aux ports de la situation présente de l'atmosphère sur une grande étendue de pays ;

2° Qu'il faut limiter les prévisions à l'annonce du commencement de gros temps, de leur persistance et de leur fin;

3° Qu'à cet effet le système d'avertissement doit être semi-diurne, sans exclure pour cela les prévisions faites vingt-quatre heures à l'avance, lorsque l'état général de l'atmosphère le permet ;

4° Qu'une étude complète de l'état de l'atmosphère doit être faite chaque jour, le matin et le soir.

Ainsi, on le voit, la télégraphie devint un moyen pour permettre d'annoncer le temps à courte échéance, ou l'état physique probable de l'atmosphère dans des localités déterminées. On doit rendre justice à ce progrès, tout humanitaire, de la météorologie, car il a fait éviter un grand nombre de sinistres maritimes. On doit aussi rendre à César ce qui appartient à César ; et c'est pourquoi, nous dirons une fois pour toutes, que si la météorologie fut installée à l'Observatoire de Paris, c'est grâce au concours d'un savant éminent, M. Liais, aujourd'hui directeur de l'Observatoire de Rio-Janeiro. Ce savant déploya alors une activité et un talent remarquables ; personne ne connaissait la météorologie à l'Observatoire de Paris il y a 23 ou 24 ans ; c'est M. Liais qui présida à l'installation de tous les instruments, qui organisa les services et qui mit tout le monde au courant de ce qu'il y avait à faire. M. Le Verrier comprit toute la portée de ces nouveaux travaux, et, sous son impulsion, ils ne cessèrent de se développer.

Considéré au point de vue scientifique, le progrès que nous venons de signaler se réduit à une communication rapide d'observations faites simultanément, à la formation immédiate de cartes météorologiques et à une transmission journalière des résultats qu'on en peut tirer. Mais il n'y a rien là qui ressemble à des lois physiques, et aucune théorie générale atmosphérique n'est encore sortie de ces observations.

L'étude de notre atmosphère sera probablement réduite pendant longtemps à constater simplement l'apparition des phénomènes et à enregistrer les observations ; quant à prévoir les changements de temps, les variations de la température, de la pression, etc. ; les apparitions des météores, il n'y faut pas songer. Pour le moment, résignons-nous à connaître, dans de certaines limites, relativement restreintes, la probabilité des perturbations atmosphériques, pour des positions déterminées.

Il résulte d'un rapport de M. Rayet, qu'en 1866 soixante-quinze écoles normales primaires, sur quatre-vingts, étaient pourvues d'instruments météorologiques. Le but proposé est de *déterminer d'une manière définitive le climat de la France à notre époque.*

Aux observations barométriques, thermométriques, psychrométriques et pluviométriques, etc., il faut ajouter celles qui concernent l'ozone. Les appréhensions que faisait naître, en 1865, l'épidémie régnante en Europe, engagèrent M. Le Verrier à demander l'installation d'observations ozonométriques, afin de constater si une liaison quelconque n'existait pas entre ces deux ordres de faits; le résultat fut alors négatif, mais les observations n'en continuèrent pas moins.

Pour remplir complétement le programme, ainsi qu'il est dit dans le rapport de M. Le Verrier, la considération d'une série d'années d'observations est indispensable. « Des conclusions définitives ne peuvent donc être formulées aujourd'hui et même aucun résultat d'une valeur sérieuse ne saurait être tiré de ceux des travaux qui n'embrassent pas encore une année entière d'observations. »

Voilà, en résumé, à quoi se réduisait en France l'état de la météorologie pratique, à la fin de 1867, et, sous ce rapport, cet état n'a pas beaucoup changé depuis. Cependant, le système s'est étendu considérablement, et c'est ici le lieu de noter les avertissements météorologiques du *New-York Herald.*

Depuis la dernière moitié de février 1877 jusqu'aux derniers jours de mars, le télégraphe transocéanien a transmis, à sept reprises différentes, des messages expédiés par le service météorologique du nouveau monde, et annonçant que des troubles atmosphériques allaient traverser l'Atlantique dans la direction du sud-ouest au Nord-est. Les météorologistes américains indiquaient de plus le nombre de jours que chaque tempête devait mettre à franchir l'Océan. Six fois sur sept les avertissements du journal américain ont paru se vérifier, comme cela a été constaté dans le Bulletin météorologique publié quotidiennement dans le journal le *Temps.* De plus, le *New-York Herald* ayant cessé pendant une dizaine de jours d'avertir de l'approche de nouvelles tempêtes, les côtes anglaises et françaises n'ont éprouvé pendant ce laps de temps aucun trouble considérable venant de la haute mer. La contre-épreuve paraît avoir réussi aussi bien que l'épreuve directe.

III. — **Le bureau central météorologique.**

Un récent rapport du Ministre de l'Instruction publique, relatif au service de la division météorologique de l'Observatoire de Paris, conclut à la séparation des services de l'astronomie et de la météorologie. Cette dernière science, considérée pendant longtemps comme une simple assistante de l'astronomie, et placée jusqu'à ce jour sous la dépendance de l'observatoire de Paris, a fini par se dégager peu à peu de cette tutelle, et les services spéciaux qu'elle rend maintenant à l'agriculture et à la navigation lui donnent droit à un complet affranchissement. Les avertissements agricoles sont distribués à plus de 1,500 communes. La France possède actuellement 20 stations et elle reçoit chaque jour les communications de 80 stations étrangères, chaque jour le *Bulletin international*, dont la création remonte en 1857, publie les renseignements fournis par ces stations en les accompagnant de deux cartes indiquant : 1° la hauteur barométrique dans chaque station, la vérification du baromètre depuis la veille,

la direction du vent et sa force, l'état du ciel et de la mer ; 2° la température à huit heures du matin, les variations depuis la veille ; la quantité de pluie tombée.

La séparation des deux services astronomique et météorologique est établie par un décret dont voici les articles principaux :

La division météorologique de l'Observatoire de Paris forme un service distinct qui prend le nom de *Bureau central météorologique.* Ce service comprend l'étude des mouvements de l'atmosphère, les avertissements météorologiques aux ports et à l'agriculture, l'organisation des observatoires météorologiques et les Commissions régionales ou départementales, la publication de leurs travaux et l'ensemble des recherches de météorologie ou de climatologie.

Le service météorologique de France comprend des météorologistes titulaires, des météorologistes-adjoints et des aides-météorologistes.

Le météorologiste titulaire du Bureau central fait fonction de directeur. L'un des météorologistes-adjoints ou des aides-météorologistes remplit les fonctions de secrétaire du Bureau central.

Il est établi près du Bureau central météorologique un conseil composé : 1° d'un représentant de chacun des Ministères de l'Agriculture et du commerce, des Travaux publics, de la Guerre, de la Marine, des Affaires étrangères et de l'Intérieur, et de l'Administration des lignes télégraphiques ; 2° de deux délégués du Ministère de l'Instruction publique ; 3° de deux membres de l'Académie des sciences ; 4° du météorologiste chargé des fonctions de directeur du Bureau central.

Ce conseil donne son avis sur le projet de budjet proposé par le directeur, sur les constructions de bâtiments ou d'instruments destinés aux observatoires météorologiques régionaux, sur l'ensemble des études à poursuivre dans les divers établissements sur les nominations et promotions des fonctionnaires, sur les modifications d'attributions qu'il conviendrait d'opérer dans l'intérêt des services, sur les mesures disciplinaires.

Cette séparation des deux services météorologique et astronomique n'est pas approuvée par tout le monde. Des savants de premier ordre ont une opinion toute différente ; entre autre M. Faye, qui s'explique catégoriquement à ce sujet, dans une notice de l'*Annuaire* du Bureau des longitudes. L'astronomie et la météorologie *sont nées ensemble*, dit-il, elles ont vécu des mêmes impressions, des mêmes illusions visuelles, à l'époque où les hommes se figuraient la terre comme un disque plat recouvert d'une voûte solide... Plus tard on les retrouve encore ensemble, marchant d'un pas fort inégal. En un mot M. Faye ne veut pas qu'on sépare la météorologie de l'astronomie. L'expérience décidera bientôt, nous l'espérons, entre ces deux opinions.

IV. — Le rain motor. — Etude d'une trombe en mer.

Dans la théorie de M. Faye concernant les cyclones, il faut rejeter toute idée relative à une force ou mouvement centripète. Des foyers mobiles d'aspiration formés, dit-on, sur le sol brûlant des tropiques, ne transportent pas complaisamment leur tirage, malgré le calme ou les vents contraires, à 700 ou 800 lieues de là sur le sol froid des hautes latitudes, et n'ont jamais déterminé les mouvements tournants de notre atmosphère. Les mouvements de l'ordre cyclonique constituent réellement une vaste série de phénomènes réguliers et stables, dont les perturbations elles-mêmes affectent une allure géométrique. Cette série, qui commence aux simples tourbillons de nos cours d'eau, comprend le plus

curieux et les plus effrayants phénomènes de notre atmosphère, les mouvements grandioses que l'observation nous a révélés sur le soleil, et s'étend peut-être jusqu'aux nébuleuses, où le télescope gigantesque de lord Ross a mis en évidence une structure tourbillonnaire bien accusée.

Depuis l'exposé de sa théorie, M. Faye a déclaré qu'ayant mis les météorologistes en demeure de donner une raison plausible du phénomène qui caractérise toutes les girations de l'atmosphère, c'est-à-dire leur mouvement de translation, il n'a obtenu aucune solution satisfaisante. En effet, dit-il, si les cyclones, trombes, typhons, etc, prennent naissance en bas, dans les couches d'air immobiles qui reposent sur le sol et qui n'ont d'autre tendance au mouvement qu'un petit excès de légèreté occasionnelle, où trouveraient-ils l'impulsion nécessaire pour se mouvoir à grande vitesse et parcourir des milliers de lieues en s'éloignant de leur point de départ? La première réponse qu'on a faite consiste à dire que l'air convergent horizontalement, que les courants venus du Nord rencontrant plus d'obstacles de terrain que ceux venus du Sud, le cyclone doit marcher dans cette dernière direction. Sur mer, fait observer M. Faye, les obstacles sont les mêmes de tous les côtés, et cependant les cyclones y marchent comme sur les continents. D'ailleurs ce fait n'a pas de rapport avec la translation des orages, toujours dans le même sens et sur des courbes géométriques.

Une seconde explication, celle du *rain motor* ou pouvoir moteur de la pluie, n'est pas meilleure que la première. On suppose qu'il pleut abondamment a l'avant du cyclone et moins ou pas du tout à l'arrière. Le vide relatif produit par la pluie est dû à la condensation subite d'une grande quantité de vapeur d'eau; donc le cyclone ira vers ce vide, son mouvement s'accélérera, parce que ce vide se reproduit tout le long du trajet. Mais il y a ceci à répondre : le cyclone, n'étant pas solide, s'allongerait seulement du côté de la pluie; ensuite, l'air précédant le cyclone se précipiterait aussi dans le même vide et empêcherait le déplacement. Mais les cyclones ne traverseraient pas les mers pour marcher vers les continents situés à l'est sur l'un ou l'autre hémisphère. De plus, il existe une foule de mouvements tournants qui circulent sans une goutte de pluie.

Les défenseurs du *rain motor* n'existent plus qu'en Amérique. On s'aperçut néanmoins, d'une manière manifeste, en 1877, que les documents du *signal office* où l'on n'avait trouvé d'abord que la confirmation du *rain motor*, présentaient de nombreux exemples de tempêtes où la pluie n'était pas tombée pendant des heures et même des jours entiers; qu'il y en avait aussi où la pluie était tombée à l'arrière et non à l'avant du cyclone; et que, pourtant, ces tempêtes n'en marchaient pas moins comme les autres et dans la même direction.

La conclusion de M. Loomis, qui discute et résume de temps en temps les vastes opérations du *signal office*, est celle-ci : La pluie n'est pas indispensable pour l'abaissement du baromètre; elle n'est pas la cause principale de la formation d'un cyclone ou de son mouvement progressif. Ainsi, la translation de ces sortes d'orages ne saurait être expliquée par la théorie actuelle de la météorologie. Cette théorie part donc d'un point faux; elle place à tort l'origine des orages dans les couches basses de l'air, où ne se trouvent aucunes des conditions nécessaires au développement de ces phénomènes.

S'il a fallu plusieurs années pour reconnaître l'inefficacité de la théorie du *rain motor*, on peut bien supposer que, dans quelques années, on aura de même reconnu l'impuissance des autres parties d'une théorie qu'on s'efforce en vain d'étayer, et l'on finira par se trouver en face d'une accumulation gigantesque de faits dont la discussion n'aura fourni que des résultats négatifs.

Cette conclusion de M. Faye, très-rationnelle. est terminée par la remarque

suivante, dont la justesse est évidente : Si la science doit prendre les faits pour base, il ne faut pas que ces faits soient classés, coordonnés, appréciés sous l'influence d'un préjugé. Pour en tirer parti, il est nécessaire d'en dégager au moins une idée juste. C'est dans ce cercle, vicieux en apparence, que toute science d'observation est fatalement enfermée.

M. Faye a joint à ses explications l'observation d'une trombe faite en mer, par M. l'abbé de Regnon, au mois de décembre 1877, dans le détroit de Malacca. Le météore passa à la distance de 200 mètres environ du bord du bâtiment qui allait en Chine. Le météore a pu être parfaitement étudié. Le cône tourbillonnant *descend* de la nue. Arrivé à la surface de la mer, il la déprime en godet, puis l'eau s'élève et décrit des hélices en tournant *autour du cône*, après quoi



Fig. 1. — Observation d'une Trombe dans le détroit de Malacca. (décembre 1877).

elle forme champignon et retombe en pluie. On en a recueilli une fois, et cette eau était jaunâtre. Le cône tourbillonnant *descend* et l'eau *monte* (fig. 1).

Non-seulement M. Faye a montré qu'aucune explication, en dehors de sa théorie, n'avait été fournie sur le mouvement de translation des cyclones, mais il a encore fait voir qu'il en est absolument de même du mouvement de giration et même des moindres détails de ces phénomènes. L'ancienne théorie fait entrer en considération la giration du sol estimée autour de la verticale. L'air venant en rampant horizontalement sur le sol, vers le vide initial, est dévié, dit-on, par la rotation du terrain; les courants horizontaux s'infléchissent donc progressivement en spirales, jusqu'à la base de la colonne d'aspiration, dans laquelle ils montent verticalement, tout en continuant à tourner. Eh bien, la trombe précédente formée à l'équateur, où la composante de la rotation du globe autour de la verticale est nulle, possède une giration avec les caractères qu'elle présente sous toutes les latitudes.

Suivons la marche des prétendus courants horizontaux en spirale qui doivent alimenter la giration de cette trombe, semblable à tant d'autres. Pour que ces courants puissent passer par le pied de la trombe et remonter verticalement en tourbillonnant, il faudrait qu'ils remontassent d'abord au-dessus de l'espèce de buisson tumultueux formé autour de ce pied, puis qu'ils redescendissent entre cette gaîne aqueuse et la trombe même jusqu'au fond du godet; ensuite qu'au

fond de ce godet ils se relevassent de nouveau dans le cône de la trombe pour s'élever jusqu'aux nues. Remarquons qu'il en est de même de toutes les trombes marines dont on a la description et les dessins; elles ont toutes le pied entouré d'un buisson ou cataracte circulaire produite par l'air échappé par en bas et remontant ensuite autour de la trombe, entraînant une eau plus ou moins divisée en poussière. La même chose a lieu pour les trombes terrestres quand, dans leur marche, elles passent sur un cours d'eau ou sur un lac. La trombe de Malacca est descendue des mers, a pénétré dans la mer; on a vu l'eau remonter non dans la trombe, ainsi qu'on l'a soutenu si souvent, mais à l'extérieur du météore et autour de lui, ce qui n'est pas la même chose, à beaucoup près.

V. — Les gelées printanières.

Des gelées intempestives ont sévi en France les 26 et 27 avril 1873. Dans une note publiée par M. Martha-Beker sur ce sujet, deux causes des gelées printanières sont signalées : l'une, la plus ordinaire, appelée *gelée blanche*, est due au rayonnement vers les espaces célestes; l'autre, plus rare, est amenée par les courants polaires. La gelée blanche provient de la condensation de la rosée; celle-ci n'est autre chose que l'humidité atmosphérique qui se condense et se dépose sur les végétaux dans les nuits fraîches et sereines. Cette condensation se fait aux dépens du calorique des plantes, qui se refroidissent par l'effet du rayonnement sous un ciel pur et froid. Si le thermomètre continue à descendre de zéro à deux degrés plus bas, la rosée se congèle et les bourgeons rudimentaires, encore si tendres aux premiers jours du printemps, sont plus ou moins altérés. Un nuage, de la fumée, le moindre abri suffisent pour empêcher ou diminuer le rayonnement.

Les chaleurs précoces doivent faire redouter la gelée, en activant trop la végétation et en amenant les orages qui, à cette époque de l'année, peuvent refroidir assez l'atmosphère pour amener un désastre sur les récoltes. Les gelées blanches sévissent généralement sur les plaines horizontales et basses, parce qu'elles offrent toute leur surface au ciel, tandis que les coteaux ne présentent que la projection de cette surface, réduite en raison de la pente. De plus, les plaines basses étant ordinairement plus humides que les coteaux, il s'y produit un plus grand effet de vaporisation qui angmente l'intensité du refroidissemeut. Il n'en est pas de même de la seconde espèce de gelées, frappant les hauteurs comme les plaines et même davantage; il s'agit ici de courants polaires provoqués par des courants équatoriaux trop actifs. Ces derniers, quand ils ont régné longtemps avec une intensité anormale, hors de proportion avec la saison, c'est-à-dire avec la hauteur du soleil, dilatent considérablement les couches d'air de nos climats tempérés.

L'équilibre se rompt lorsque cette force d'expansion s'affaiblit et devient moindre que la tension atmosphérique des latitudes élevées. L'air froid et dense des régions boréales se précipite alors comme une masse d'eau dont la digue est rompue, au sein de notre atmosphère dilatée, et tout est saisi par un froid pénétrant, de 3 à 4 degrés au-dessous de zéro, qui atteint vignes, noyers, arbres fruitiers, légumes, seigles, en un mot toutes les plantes précoces. Comme ce courant polaire court à travers l'atmosphère, à l'instar d'un fleuve démesurément grossi, il glace les flancs des coteaux plus rudement encore que les sols bas, par dessus lesquels il passe parfois sans laisser de traces fâcheuses. C'est un courant polaire de ce genre qui a ravagé la France, en avril 1873, à la suite d'un hiver humide, attiédi par un courant équatorial. Relativement à la tempé-

rature des hivers, dont la rigueur ou la douceur paraissent dépendre uniquement de la sécheresse ou de l'humidité de l'air, il y a une observation à faire. D'une part, il se produit un fait de rayonnement d'autant plus prononcé, que le ciel est plus pur, plus dégagé, et qui peut être atténué par l'interposition des nuages; ce qui explique pourquoi, le même jour, à des distances peu considérables, le thermomètre accuse souvent des différences de froid de plus de 10 degrés. D'autre part, l'atmosphère absorbant d'autant plus de chaleur solaire qu'elle est humide, il est naturel que les hivers très-froids coïncident avec une extrême sécheresse de l'air, comme on l'a vu en 1870 et 1871. Ainsi, plus l'air est sec et pur, moins il absorbe de chaleur solaire, et plus il se refroidit par rayonnement. Dans ces circonstances, l'hiver est nécessairement rigoureux, et les dernières vapeurs d'eau en suspension se précipitent en flocons de neige, au début de chaque recrudescence de froid. C'est le manteau protecteur que la Providence a étendu au moment opportun sur la terre.

VI. — Pronostics du temps, tirés des courants atmosphériques et des courants marins.

Nous allons examiner ici quels sont les pronostics du temps qu'on peut tirer de la connaissance de certains grands phénomènes concernant la physique du globe, et dont les deux principaux sont les mouvements atmosphériques et le courant appelé *gulf-stream*. Nous savons que ce courant sort du golfe du Mexique pour suivre les côtes américaines, et venir ensuite longer les côtes de l'Espagne en s'étendant jusqu'au nord de la Norwége, après avoir traversé l'Océan Atlantique. Nous savons encore que le grand courant atmosphérique se divise en deux branches, l'une équatoriale et l'autre polaire, elles se répandent sur la superficie du continent européen. de manière à donner des vents inférieurs soufflant sur l'Angleterre en venant du Sud-Ouest et arrivant du Nord-Est sur la France, l'Italie et l'Autriche. Moins souvent, dans les régions supérieures de l'air, la direction des nuages indique l'influence de la branche équatoriale, tandis que l'autre branche, la polaire, se fait sentir à la surface de la terre. Cet état est ordinaire entre les tropiques; il n'est qu'accidentel dans nos contrées.

On voit donc comment la différence de position des localités, en Europe, peut les mettre à l'abri de l'action du courant aérien, ou bien les placer dans l'une ou l'autre de ses branches; c'est ce qui accentue souvent très-fortement les divergences climatologiques d'une même saison, quand on passe d'un point à un autre sur notre continent. On conçoit également que le courant atmosphérique éprouvant des oscillations, puisse, à diverses époques, occasionner des intempéries générales et semblables.

Mais ces fluctuations dans la marche du courant aérien ont pour caractère de se propager graduellement avec des repos plus ou moins longs; elles se font rarement d'une manière brusque. Il arrive encore que ces oscillations se resserrent entre des limites suffisamment étroites, pendant plusieurs années, pour marquer des époques de sécheresse ou d'humidité. Les mouvements intérieurs du flot d'air qui forme le courant, impriment aux vents et aux phénomènes qui en dépendent, des changements dont la masse mobile elle-même est exempte. Le courant général entraîne l'air qui tourne sur lui-même. Les deux mouvements de rotation et de translation se superposent et s'ajoutent sur la partie du disque tournant où leur sens est le même, tandis qu'elles se retranchent sur la partie opposée où leurs sens sont contraires. En considérant une vitesse de 10 à 15 lieues par heure, qui répond à un vent encore modéré, on

trouvera des points où le vent apparent sera nul, et d'autres points ayant une vitesse apparente de 20 à 30 lieues par heure, correspondant à un vent très-fort. En altérant ainsi la force des vents dans les lieux où il passe, dit M. Marié-Davy, dans une excellente notice qui nous fournit ces données, le vent tournant change également leur direction; il transformera, par exemple, un courant d'Ouest en vents variant successivement du Sud-Est au Sud, puis au Sud-Ouest à l'Ouest et au Nord-Ouest, sauf à recommencer sa même rotation lors du passage d'un second mouvement tournant.

La direction du courant général qui règne en un lieu éprouvant des variations, fait également varier la hauteur du baromètre. Elle est plus grande par les vents des régions Nord que par les vents humides du Sud-Ouest et de l'Ouest. C'est surtout en hiver que la différence est plus marquée; à cette époque de l'année, l'effet dû à la vapeur d'eau est augmenté par la grande inégalité qui se produit dans les températures. La hauteur de la colonne barométrique est affectée d'oscillations qui correspondent à la fluctuation des courants équatorial et polaire sur la superficie du continent européen. Le baromètre peut donc indiquer la nature des vents qui se succèdent les uns aux autres dans une même région. Cependant cette cause produit des variations barométriques lentes et d'une amplitude restreinte; il en est autrement des mouvements rotatoires qui agissent bien plus fortement sur la pression barométrique.

Le vide tend à se faire au centre du disque tournant, à cause de la rotation de l'air sur lui-même; la pression devient d'autant plus faible à ce centre que le mouvement est plus rapide. La pression augmente vers la circonférence du disque, parce que l'air y est refoulé par la raréfaction produite au milieu. On voit donc que l'approche d'une tempête tournante ou d'une bourrasque est annoncée par une hausse passagère du baromètre, laquelle est suivie d'une baisse graduelle plus ou moins prononcée et qui persiste jusqu'au moment où le centre du phénomène passe au plus près, après quoi le baromètre remonte graduellement.

Après l'examen rapide du baromètre, M. Marié-Davy s'occupe du thermomètre. La chaleur, dit-il, est très-inégalement répartie sur la surface d'un disque tournant. L'augmentation de pression sur le contour y produit une légère augmentation de température; la diminution de pression, souvent très-grande au centre, y occasionne une baisse très-notable du thermomètre. Ensuite, le vent souffle d'entre Sud et Ouest sur la partie orientale et méridionale du disque tournant. Le vent monte du Midi au Nord, et sur la partie occidentale et septentrionale, il descend du Nord au Midi. La première partie est tiède et humide; la seconde est froide et sèche relativement. Une bourrasque tournante qui passe en un point y est précédée d'un accroissement de chaleur et immédiatement suivie d'une baisse accrue pendant la nuit lorsque la pureté du ciel succède à un temps couvert. En France, on ne craint les gelées du printemps que, lorsque le centre d'une bourrasque tournante traverse le pays, surtout si elle arrive du Nord-Ouest vers le Sud-Est ou du Nord au Sud.

La rotation de l'air modifie l'état du ciel comme elle le fait pour la force du vent et la chaleur. Dans le courant équatorial, là où le ciel est ordinairement nuageux, on constate toujours un mouvement tournant, lequel porte les nuages de la moitié nord-ouest de son disque tournant sur la moitié sud-est. L'action du mouvement tournant unit tous les éléments dans leurs brusques variations; la pression du baromètre, la direction et la force du vent, la température, l'état du ciel, la sécheresse, la pluie, tout cela est lié par des liens mobiles, comme la marche et l'intensité de la rotation aérienne. Au contraire, les notables changements du temps dépendent des déplacements du courant équatorial. L'hiver est doux et pluvieux quand ce courant se rapproche trop

près de nos côtes sur l'Atlantique, quand il s'avance trop avant dans l'Est et en persistant. Mais si le courant marche trop loin dans le Nord, ou s'il disparaît de l'Europe, l'hiver devient froid et sec. En prenant une position intermédiaire, si les bourrasques arrivant du Nord envahissent l'Europe moyenne, la neige recouvre le sol qui s'imbibe d'eau, les sources s'avivent et les animaux nuisibles diminuent. M. Marié-Davy signale ensuite le printemps comme étant une saison critique, surtout dans le commencement du mois de mai; quelques heures suffisent quelquefois pour anéantir les plus belles récoltes. La végétation demande de l'humidité en ce mois, mais alors les gelées blanches sont fort à craindre. La plupart des produits de la terre sont défavorablement affectés d'un été trop sec; ces fâcheux effets sont très-sensibles en France, où l'irrigaiion est trop négligée. Ce qui est encore plus redoutable, c'est un été pluvieux. Dans cette saison, ainsi qu'en hiver, le courant équatorial doit être ni trop près ni trop loin de nous; car c'est lui qui dispense les pluies sur son parcours.

En général, le baromètre baisse par un temps pluvieux; il monte vers le beau temps. La hauteur moyenne de cet appareil varie suivant les localités; elle baisse rapidement en pénétrant dans les montagnes un peu élevées. Cette hauteur moyenne change avec la direction du courant général qui règne au point où on observe; elle augmente pour les vents qui soufflent entre le Nord et l'Est; elle décroît quand ils soufflent entre Sud et Ouest. Dans le premier cas le temps est généralement beau; il pleut ordinairement dans l'autre cas. Quand un mouvement tournant s'approche d'un lieu, une ascension légère se produit et la décroissance se montre jusqu'au moment où le centre passe au plus près, puis il remonte. Si, dans ce passage, on se trouve sur la partie humide du disque tournant, la baisse barométrique est accompagnée de pluies. Si on traverse la partie sèche du disque tournant, la baisse se produit avec le beau temps; alors le midi de l'Europe ou de la France se trouve arrosé. Le centre des mouvements tournants passe plus souvent au nord qu'au midi de la France; c'est pourquoi la baisse du baromètre y est un pronostic de pluie, mais un pronostic incomplet.

Le thermomètre peut fournir des indications utiles, surtout lorsqu'elles fortifient celles du baromètre. En hiver, si le thermomètre descend rapidement de 4 à 5 degrés, le vent tourne probablement de la partie Sud-Ouest de la rose des vents pour aller dans la partie Nord-Est; cela correspond à l'arrivée du beau temps; mais si le courant équatorial reste peu éloigné, on a des brouillards. En été, une chaleur élevée, humide par un temps calme, est un indice d'orages. D'après M. de Gasparin, le vent partant de la région chaude et humide, la baisse du minima de température est un signe presque assuré de pluie, le jour même ou le jour suivant; il y a chute de rosée ou brouillard le matin. Si le minimum monte avec les vents froids et secs, ils sont près de leur fin; il peut y avoir pluie immédiate par l'entrée des vents du Sud. La fixité du minima annonce la continuité du même temps. Le maxima haussant graduellement annonce que l'air se sature et amènera la pluie. Si, après les pluies survenues par les vents du Sud ou du Sud-Ouest, le temps est revenu beau par un vent d'Ouest ou de Nord-Ouest, et que le thermométre reste encore élevé pour la saison, le beau temps n'est pas durable; il fera place au retour des vents de Sud-Ouest et des pluies.

Les indications du capucin se recouvrant de son capuchon à l'approche de la pluie ne sont pas sans utilité. Le baromètre baissant, la température minima s'élevant et l'hygromètre s'approchant de l'humide, il est très-probable que la pluie viendra prochainement. La baisse du baromètre avec un hygromètre qui marche vers la sécheresse et un thermomètre stationnaire, peuvent être un indice du beau temps durable.

Qu'il soit clair ou nuageux, un ciel rosé au coucher du soleil annonce le beau temps. Un ciel blafard, laiteux, annonce du vent ou de la pluie.

Un ciel rouge le matin annonce vent ou pluie.

Un ciel gris le matin annonce le beau temps.

Si les premières lueurs du jour paraissent au-dessus d'une couche de nuages, vent probable ; si elles paraissent à l'horizon, beau temps.

De légers nuages, à contours indécis, annoncent du beau temps et des vents modérés. Des nuages épais, à contours bien définis, annoncent du vent.

Un ciel bleu, foncé sombre, indique du vent; un ciel bleu clair et brillant indique le beau temps. Plus les nuages sont légers, moins il y a de vent; plus ils sont épais, déchiquetés, plus le vent sera fort.

Un ciel d'un jaune brillant au coucher du soleil, annonce du vent; jaune pâle, de la pluie.

De petits nuages noirs annoncent de la pluie; des nuages légers allant vers d'autres nuages épais, sont signe de vent ou de pluie; s'ils sont seuls, c'est du vent.

Des nuages élevés, en sens inverse aux nuages inférieurs, changement de vent. Après un beau temps clair, les premiers signes d'un changement sont des nuages élevés en bandes légères, puis des nuages pommelés qui assombrissent bientôt le ciel. Les nuages qui se maintiennent sur les hauteurs ou qui descendent, annoncent vent ou pluie; s'ils montent et se dispersent, c'est signe de beau temps.

Quand les oiseaux de mer volent au large, beau temps et vent modéré; s'ils restent près de terre ou au-dessus de terre, s'ils viennent à l'intérieur coups de vent et tempête.

Quand les hirondelles restent près des habitations, volant de côté et d'autre, rasant la terre, signe de vent ou de pluie.

A ces signes, donnés par l'amiral Fitz-Roy, nous ajouterons ceux de M. de Gasparin.

La pâleur du soleil annonce la pluie; on ne voit plus alors qu'à travers un air chargé de vapeurs.

Si le soleil fait éprouver une chaleur étouffante, c'est aussi un signe de pluie; on se trouve alors entouré d'une atmosphère saturée de vapeurs et plus propre à s'échauffer à cause de son défaut de transparence.

La couleur pâle de la lune. les cercles concentriques plus ou moins obscurs dont elle est entourée, ses cornes mal terminées, l'auréole lumineuse qui s'étend autour d'elle, et qui fait dire que la lune *baigne*, sont autant de signes de pluie. Les étoiles présentent aussi des signes pareils; leur lumière perd de la vivacité, elles se baignent aux approches de la plui.e

Le ciel est d'autant plus noir qu'il y a moins de vapeurs interposées entre lui et l'œil du spectateur, sur les montagnes, il prend une couleur de bleu indigo foncé; si l'air se charge de vapeurs, la teinte du ciel devient blanche, *farineuse*, comme on dit, c'est aussi un signe de pluie.

Les vents sont les indices du temps qu'il doit faire.

Les brouillards qui tombent et se dissipent entièrement sans former de nuages, accompagnent le beau temps. S'ils se renouvellent plusieurs jours de suite, s'ils font place à des nuages ou s'ils montent, la pluie est très-probable.

VII. — Théorie de la formation de la grêle.

La grêle est de l'eau congelée; sa formation exige donc une température inférieure à zéro. Comment se fait-il alors qu'il tombe de la grêle pendant les jours les plus chauds de l'année? Comment certaines régions sont-elles ravagées de préférence à d'autres régions voisines? En un mot, qu'elles sont les conditions déterminantes de la grêle? Telle est la question qui se présente encore aujourd'hui comme un problème à résoudre, car les physiciens ne s'accordent guère sur la cause de ce météore.

La grêle affecte diverses formes et grosseurs; ordinairement elle est comme une poire ou un champignon opaque dont la surface est arrondie; ces grêlons ressemblent à de la neige durcie. D'autres grêlons, plus gros, sont enveloppés d'une couche de glace, et d'autres couches concentriques de neige et de glace se succèdent alternativement. Le noyau des grêlons est neigeux, aucun n'est formé exclusivement de glace transparente; ceux qui affectent cette apparence proviennent de gouttes de pluie tombant des nuages poussés par les vents du midi et se refroidissant dans les couches d'air voisines du sol.

Nous ne parlerons qu'en passant de la grosseur des grêlons; tout le monde sait qu'il en tombe quelquefois d'aussi gros qu'un œuf de pigeon.

Il grêle plus souvent le jour que la nuit, mais les grêles nocturnes ne sont pas très-rares, ainsi que le fait remarquer Kaemz. Pendant l'été, il tombe, en Europe, autant de grêle que pendant les autres saisons.

Jusqu'ici une seule théorie de la grêle a été admise, c'est celle de Volta. L'explication doit tenir compte de la formation de la grêle au-dessous des neiges éternelles et de l'époque la plus chaude de l'année. Dans ces circonstances, la formation de la grêle est due à l'évaporation que favorise les rayons solaires, en dardant sur la partie élevée du nuage, à la sécheresse de l'air situé au-dessus, à la tendance des vésicules de vapeur à prendre l'état élastique, et à l'électricité du nuage qui concourt à l'évaporation. La sécheresse de l'air au-dessus du nuage est une condition essentielle, parce que, sans elle, la vapeur se condense après s'être formée, en dégageant beaucoup de chaleur latente, ce qui entrave le refroidissement.

En admettant encore, avec Volta, que le soleil doit frapper la partie supérieure du nuage, en explique pourquoi la grêle tombe le plus souvent pendant le jour. Les flocons de neige se produisent d'abord et leur accroissement est déterminé par deux nuages superposés, dont le supérieur provient de la condensation donnée par la couche supérieure. Ces deux couches prennent des électricités opposées; celle vitrée réside dans la couche supérieure et la résineuse dans celle au-dessous, qui laisse évaporer les molécules. Quant à la production des grêlons, Volta s'appuie sur l'expérience de la danse des pantins : celle-ci a lieu entre deux plaques métalliques dont l'une reçoit l'électricité d'une machine, et dont l'autre est en communication avec le sol. Des boules de moelle de sureau ou d'autres corps légers, étant placés sur l'une des plaques, s'élancent sur la seconde, pour retomber sur la première, et ainsi de suite. Volta admet qu'un effet pareil se produit entre les nuages à grêle.

La couche inférieure contient les flocons de neige qui sont électrisés comme elle; la répulsion de ces flocons en est la suite, en même temps qu'ils sont attirés par la couche supérieure de nuages; ensuite ils sont repoussés par celle-ci et retombent pour continuer ce mouvement. Pendant ce phénomène, qui peut durer quelques heures, les grains s'agglomèrent en condensant les vapeurs sous

forme de glace. Le choc des grêlons occasionne souvent un bruit particulier; leurs dimensions finissent par devenir assez grandes pour que les nuages inférieurs ne puissent plus les retenir; c'est alors qu'ils tombent sur le sol en ravageant souvent de grandes étendues de pays.

On accueillit d'abord la théorie que nous venons d'esquisser avec une grande faveur, mais elle fut battue en brêche par de nombreuses objections. Ainsi il est difficile d'admettre qu'un froid aussi intense puisse être produit par la seule évaporation sous l'action des rayons solaires. En second lieu les grêlons tombant du nuage supérieur ont une vitesse qui devrait leur faire traverser la couche nuageuse inférieure. D'un autre côté, on sait que les forêts sont fréquemment visitées par la grêle; cependant les arbres servent à écouler l'électricité et devraient être des paragrêles naturels.

Depuis plus de deux ans, M. Faye s'est préoccupé de la question de la formation de la grêle (1).

Cet ingénieur savant, auquel la science est redevable d'une théorie complète sur la constitution physique du soleil, a rattaché d'une manière très-rationnelle la formation de ce météore à sa théorie des tourbillons. Au lieu de considérer isolément, dit-il, la manière dont la grêle se forme pendant un orage, il faut distinguer et classer les faits essentiels des orages en général, et considérer tous ces faits à la fois. Ces caractères essentiels sont au nombre de trois :

1° Les nuages qui, en temps ordinaire, ne donnent aucun indice de tension électrique, sont fortement chargés d'électricité pendant les orages.

2° Dans ces mêmes nuages, situés à une altitude de 1200 mètres au-dessus du niveau de la mer, par exemple, à laquelle règne ordinairement une température bien supérieure à zéro, il se forme incessamment des nuages de glace énormes et pour ainsi dire inépuisables.

3° Enfin, les orages ne sont pas stationnaires, comme on le croyait jadis; ils sont loin de se former sur place et de se dissiper par épuisement. Ils voyagent, au contraire, avec une rapidité extraordinaire de 10, 12, 15 et quelquefois 20 lieues à l'heure, bien plus vite, par conséquent, que les trains express de nos chemins de fer. Les nuages à grêle n'ayant qu'une étendue restreinte, ils passent au-dessus d'un lieu donné en quelques minutes; mais, si la grêle ne dure jamais un quart d'heure pour un point déterminé, elle ne cesse pas pour cela de tomber; le nuage s'est déplacé et reproduit plus loin le phénomène, quelquefois même sur tout son parcours. Quand on suit l'orage à ces traces, on trouve que la même nuée n'a pas cessé de grêler sur une immense bande de terrain, en recouvrant parfois le sol de plusieurs centimètres de glace, comme si la production de la glace y était établie à l'état continu.

Ces trois points essentiels: 1° énorme quantité de mouvement; 2° production continue de la glace; 3° tension électrique sans cesse renouvelée malgré des décharges incessantes, étant établis, en chercherons-nous l'origine dans les régions inférieures, dans les courants ascendants formés, on ne sait comment, au sein des couches basses de l'atmosphère? Si nous agissons ainsi, le problème des orages restera insoluble; car dans ces régions basses règnent : 1° un calme complet, 2° une chaleur étouffante, et 3° une tension électrique insensible. On aura beau mettre en jeu toutes les combinaisons imaginables, on ne fera pas sortir le mouvement de l'immobilité, le froid glacial de la chaleur, et la foudre d'une absence totale d'électricité. Il faut évidemment chercher le froid, l'électricité et le mouvement dans les régions où se trouvent naturellement ces trois

(1) Voir aussi à la librairie Lacroix. — Raillet, *Origine de la grêle*, broch. in-8, 1 fr.

éléments essentiels des orages, et alors le problème sera de trouver le mécanisme par lequel ces mêmes éléments seront semés et accumulés exceptionnellement dans les régions qui en sont privées d'ordinaire.

Une des plus remarquables découvertes de ce siècle, c'est celle de l'accroissement continu de la tension électrique, à mesure qu'on s'élève en ballon dans l'atmosphère. Elle est due à Gay-Lussac. L'air des régions supérieures est fortement chargé d'électricité positive, dont le maximum n'a pas été atteint par l'observateur. L'air voisin du sol est, au contraire, sans tension, ou, s'il en possède une, c'est une faible tension négative, comme celle du sol. Nous pouvons considérer notre globe comme étant enveloppé, à une ou deux lieues d'altitude, d'une vaste nappe fortement électrisée et isolée du réservoir commun par les couches d'air inférieures. Cette nappe est en mouvement continu vers l'un et l'autre pôle ; dans le trajet, son électricité se perd dans le sol avec fracas, par l'intermédiaire mécanique des orages, et plus régulièrement, dans les régions polaires, par les phénomènes silencieux des aurores boréales.

Les ascensions en ballon peuvent faire connaître le froid intense des couches supérieures, et la singulière composition de leurs nuages propres, entièrement formés de glaçons, comme on les a trouvés sous formes de fines aiguilles dans les cyrrhus, avec une température très-basse. Si donc, par un mécanisme quelconque, l'air supérieur pouvait être entraîné, avec ses nuages glacés, jusque dans la région basse des nimbus, et cela d'une manière continue et persistante, on s'expliquerait aisément la formation de ces nimbus, puis la congélation de leur eau vésiculaire, malgré la haute température normale de ces régions.

C'est encore dans ce siècle, qu'on a compris la nécessité de considérer dans son entier, la vaste circulation qui règne dans notre atmosphère, sous l'action du soleil, et de tenir compte enfin des courants supérieurs qu'on a commencé à étudier, au moyen des cyrrhus glacés qu'ils charrient. Ces courants coulent au-dessus des nappes inférieures sans en troubler soit le mouvement, soit le calme. Ils n'ont rien de commun, dans le sens immédiat, du moins avec les courants inférieurs et, comme ils ont une épaisseur et une vitesse accélérées très-grande dans nos climats, ils représentent une énorme provision de force vive qui ne descendrait pas jusqu'à nous, si ces courants avaient partout la même vitesse. Toujours est-il que le mouvement de translation des orages ne peut venir que d'en haut, puisque c'est en haut que résident la force et le mouvement.

Il reste à examiner par quel mécanisme naturel, l'électricité, le froid glacial et la grande vitesse qui règnent en haut, peuvent être amenés dans la région inférieure des nimbus et parfois jusqu'au sol lui-même.

Les gyrations à axe vertical, qui se produisent souvent dans les fluides en mouvement, sont des phénomènes fort réguliers, qui naissent dans tous les courants horizontaux. Ces tourbillons coniques ont une tendance à se propager vers le bas, d'autant plus marquée que la gyration y est plus violente ; et, en même temps qu'ils percent ainsi les couches inférieures par leur pointe, ils voyagent par en haut avec le courant supérieur où ils ont pris naissance, en se renouvelant continuellement par en bas. Ces mouvements tourbillonnaires entraînent rapidement en bas tous les matériaux charriés par les courants supérieurs, et par suite, les cyrrhus glacés qui y voyagent.

Les aiguilles de glace refoulées à la périphérie, à cause de leur densité, s'y rencontrent et s'y agglomèrent de manière à former de petits noyaux opaques. Ceux-ci, trouvant dans les nuées inférieures de l'eau vésiculaire, la congèlent en une mince couche transparente. Si, dans ce mouvement tourbillonnaire, où les sphères de rayons variés, centrés sur le même axe, ont toutes sortes de vitesses, ces petits grêlons passent successivement dans des régions occupées

par l'air glacial venu d'en haut et dans l'autre remplies de vapeurs vésiculaires, ils croîtront en volume par couches successives, jusqu'à ce qu'ils échappent par leur poids ou par l'effet de la force centrifuge, à l'action du tourbillon. L'air entraîné vers le bas amène aussi la forte tension électrique. Celle-ci s'accumulera à la surface du nuage situé à l'extrémité du tourbillon, et finira par s'échapper en traits fulgurants vers les nuages voisins et vers le sol.

M. Faye considère le phénomène des trombes comme une vérification directe de cette théorie. Une observation est citée par lui comme appuyant sa manière de voir; elle est de M. Lecocq, qui la fit sur le sommet du Puy-de-Dôme, le 2 août 1835, à une époque où on ne soupçonnait pas le rôle des mouvements gyratoires en météorologie. Voici ce qu'il dit: je voyais de loin la grêle se précipiter des nuages inférieurs et tomber sur le sol; je la vis distinctement à 50 mètres du sommet du Puy-de-Dôme et en face de moi. Le nuage qui la laissait

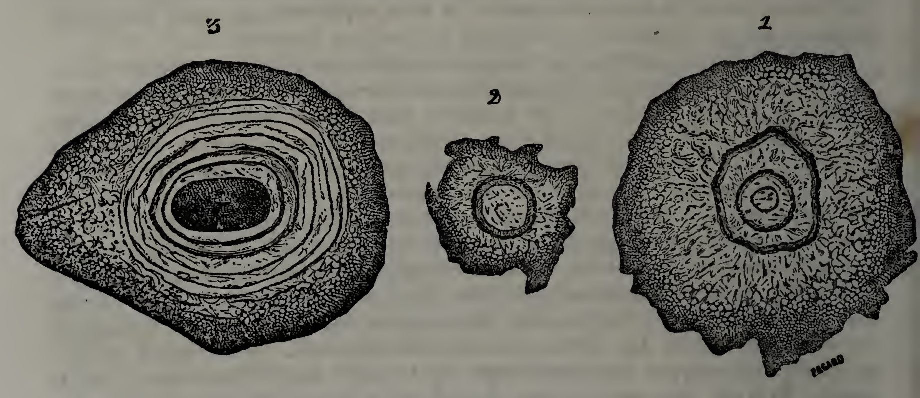


Fig. 2. — Contexture des grêlons.

épancher, avait les bords dentelés et offrait dans ses bords mêmes, un mouvement de tourbillonnement qu'il est difficile de décrire. Il semblait que chaque grêlon fut chassé par une répulsion électrique; les uns s'échappaient par-dessous, les autres en sortaient par-dessus, enfin, ils partaient dans tous les sens. Après cinq à six minutes de cette agitation extraordinaire, à laquelle les bords antérieurs des nuages semblaient seuls participer, la grêle cessa, l'ordre se rétablit, et le nuage à grêle qui n'avait pas cessé de s'avancer très-vite, continua sa route vers le nord, laissant apercevoir dans le lointain quelques traînées de pluie qui arrivaient à peine sur le sol, et paraissaient plutôt se dissoudre dans la couche inférieure de l'atmosphère. L'observateur fut ensuite enveloppé pendant cinq minutes dans un nuage de grêle. Les grêlons étaient nombreux, dit-il, les plus gros atteignaient à peine le volume d'une noisette... Ils étaient tous animés d'une grande vitesse horizontale... La majeure partie du nuage passa au-dessus de ma tête, et j'entendis distinctement... un bruit confus. Le nuage qui passa au-dessus de ma tête, et dans lequel la grêle était toute formée, ne la laissa échapper qu'une demi-lieue au-delà du point où je me trouvais. Une petite portion cependant, se répandit sur le flanc nord du sommet qui interceptait sa marche...

Le P. Secchi s'est occupé de l'origine de la grêle, fig. 2. Il a observé une chute extraordinaire de grêlons qui sont presque tous tombés à l'état cristallin, formant un hexaèdre terminé par des pyramides, et représentant véritablement une géode qu'on pourrait confondre avec une géode de cristal de roche. C'est à la fin du mois de septembre que le P. Secchi a pu observer cette chute de

grêle. Les nuages formés avec rapidité, divisaient le ciel en deux moitiés. Ils avançaient en se déroulant. Le mouvement tourbillonnaire était évident. Les premières gouttes d'eau qui tombèrent étaient d'une dimension extraordinaire; leur volume était d'environ un centimètre cube. Ensuite survint une grêle épouvantable formée de grêlons ressemblant à des groupes de cristaux de quartz à 4 ou 5 pans, terminés par une pyramide. Le poids de ces groupes étaient de 40 à 50 grammes, d'autres allaient jusqu'à 300 grammes. Le bruit qu'on entendait était terrifiant et tout particulier; c'était un pétillement sourd; les décharges électriques étaient continues au sein des nuages. A Grottafera, tout se passa très-vite, mais à Marillaud, la grêle atteignit une épaisseur de 20 centimètres, dévastant tout; les cristaux de grêlons avaient 10 à 15 millimètres de longueur.

Une deuxième observation du P. Secchi est relative à la quantité de pluie tombée à Rome pendant les cinquante dernières années. Les mois d'octobre et de novembre sont les plus pluvieux. Ceux de décembre et de janvier le sont beaucoup moins. Ensuite vient le mois de mars. En recherchant le rapport qui peut exister entre la quantité de pluie tombée et l'apparition des taches solaires, le même savant a trouvé un résultat absolument négatif. Le P. Secchi a voulu faire une contre-épreuve, en examinant le résultat des observations faites sur un lac qui peut-être considéré comme un vaste pluviomètre. Il a reconnu dans le niveau de ses eaux, les mêmes phases produites chaque année par la quantité de pluie tombée.

VIII. — Théorie des étoiles filantes.

L'apparition du 14 novembre 1866 a pleinement réussi à porter la terreur. En Italie, elle a été si splendide, que l'épouvante s'en est mêlée: sur plusieurs points, le peuple qui n'avait pas lu dans les journaux, la prédiction de l'arrivée d'une quantité considérable d'étoiles filantes, a cru à la fin du monde. Ce spectacle dura deux heures, après quoi les témoins ébahis furent rassurés. En y réfléchissant, on verra que cette panique d'un moment n'était pas aussi absurde qu'elle en a l'air. Il suffirait pour faire disparaître la vie à la surface du globe, que les essaims de ces météores légers, mais animés d'une vitesse planétaire, fussent plus nombreux; et la théorie dynamique de la chaleur nous permettrait de calculer d'avance la quantité de matière nécessaire pour accomplir en quelques heures l'œuvre de la destruction générale, par la seule puissance de l'effroyable vitesse dont la matière est animée dans les espaces célestes.

Heureusement, ces météores ont beau venir effleurer chaque année notre globe, ils se composent presque exclusivement de matériaux fort peu denses, et un trajet à grande vitesse de quelques lieues dans les couches supérieures de notre atmosphère, suffit pour les réduire en fumée.

L'air qui nous entoure amortit le coup, mais la vive incandescence qui naît de la destruction de la force vive dont ces projectiles sont animés, doit nous faire comprendre que les choses se passeraient autrement si toutes ces étoiles filantes étaient de la densité et du calibre des aérolithes en pierre compacte ou en fer presque pur, qui arrivent tout enflammés jusqu'au sol et s'y enfoncent plus profondément qu'un boulet de 24 dans le revêtement d'une fortification.

Aujourd'hui les étoiles filantes ou les aérolithes, car c'est la même chose à la densité près, sont rentrés dans le domaine de la science pure, au même titre que les astres permanents. Le signe de la conquête en matière de science est la possibilité de prédire les faits. Eh bien, on prédit maintenant les principales apparitions d'étoiles filantes, tout comme on prédit les éclipses. L'Europe entière

est témoin du triomphe des astronomes, depuis Olbers, qui, en 1840, annonçait déjà avec une certaine timidité pour 1866 ou 1867, le phénomène dont nous venons de parler, jusqu'à M. Newton, professeur d'astronomie aux États-Unis, qui fixait la grande pluie météorique de ce siècle au 14 novembre 1866, à une heure du matin, à peu près comme s'il était question d'une conjonction de Mars ou de Jupiter.

Ainsi, ce phénomène longtemps mystérieux, constitue une branche nouvelle de l'astronomie ; bientôt on en publiera les éphémérides comme on le fait pour les planètes. Tel jour les étoiles filantes divergeront de tel point, de telle ou telle constellation ; telle année l'apparition régulière d'août atteindra son maximum d'éclat ; à telle autre date, ce sera le tour des étoiles d'avril ou de novembre. Un autre cachet de la science faite, positive, acquise, c'est l'application ; même dans les sciences pures, l'utilité n'est pas perdue de vue ; déjà on a appliqué, c'est un mot en vogue, les étoiles filantes à la détermination des longitudes.

Il est dans l'essence de toute science de rayonner autour d'elle, c'est ainsi qu'il y a quelques années, on découvrit une erreur de position relative entre deux villes d'Allemagne, dont les géographes avaient mal déterminé les coordonnées géodésiques. Il en a été ainsi de l'étude des étoiles filantes. La physique a appris par elle à mieux connaître l'étendue de notre atmosphère, sur laquelle régnaient, il y a peu d'années, les idées les plus fausses ; et comme ces astéroïdes sont les seuls corps célestes qui descendent parfois jusqu'à nous, sous le nom d'aérolithes, et que l'on puisse mettre dans un creuset, la chimie s'en est emparée pour les analyser, et même pour essayer de les reproduire. Les minéralogistes, de leur côté, ont composé les espèces minérales qu'ils contiennent avec les espèces terrestres ; mais malgré leurs efforts et leurs intéressants résultats sur la métallurgie céleste, ils ont été devancés dans cette voie par quelques hordes de Tartares et d'Esquimaux, qui ont très-bien su se faire des couteaux et des sabres avec de beaux échantillons de ces étoiles filantes en fer presque pur, tombant du ciel de temps à autre, et tout prêt à passer à la forge, sans avoir besoin de subir au préalable, comme les fers de nos usines terrestres, les opérations du puddlage et de l'affinage. Ces faits sont donc une preuve de cette idée émise depuis longtemps déjà, que les sciences se prêtent un concours mutuel qui tend à les faire progresser.

Mais le caractère le plus saillant d'une science faite ou en train de se faire, c'est de pouvoir se passer d'hypothèses. Sans doute, il faut bien débuter par là, mais il faut finir par s'en débarrasser. C'est dans cette pensée, que M. Faye réclamait il y a quelques années à l'Académie, contre la tendance des travaux de quelques savants astronomes, dont il a d'ailleurs fait ressortir le mérite, mais qui ont à ses yeux le tort de prendre pour point de départ, une hypothèse toute gratuite. Ces savants considèrent les étoiles filantes, comme venant indifféremment de tous les points de l'espace, sans préférence aucune ; ils admettent qu'elles décrivent autour du soleil toutes les orbites imaginables, de toute inclinaison, de toute excentricité, qu'elles peuvent avoir toutes les vitesses possibles, jusqu'à celle des comètes décrivant des paraboles infinies, ou même des hyperboles. Un de ces savants astronomes, dont le nom jouit d'une réputation méritée, M. Chaparelli, vient de baser sur cette hypothèse, une analyse très-curieuse. Le calcul a répondu, car il faut bien qu'il réponde quand il est manié par des mains habiles ; et il a donné pour vitesse moyenne des étoiles filantes, précisément la vitesse intermédiaire entre celles qu'on leur opposait, c'est-à-dire celle relative à la parabole. Mais, malgré la puissance de la logique qu'on dépense dans un raisonnement, les conclusions ne valent que par les prémisses, qui sont ici l'hypothèse. Or, M. Faye n'a pas eu de peine à montrer qu'elle ne répond nullement aux phénomènes connus. Les étoiles filantes ne viennent pas

indifféremment de toutes les régions de l'espace, comme on a pu le croire autrefois, après avoir cru qu'elles venaient exclusivement de la lune. Elles viennent pour la plupart, d'une cinquantaine de directions spéciales, bien déterminées, échelonnées sur tout le parcours annuel de la terre. Le nombre de ces directions déjà cataloguées, ira en augmentant quelque peu, à mesure que l'on scrutera plus profondément les phénomènes de chaque nuit, mais jamais cet état de choses ne se confondra avec l'hypothèse admise. M. Faye a voulu montrer aussi, qu'on pouvait se passer d'hypothèse, et, prenant pour base le fait pur et simple d'un essaim d'étoiles émis dans une direction donnée, ou, en d'autres termes astronomiques, radiant d'un point donné de la sphère céleste, il présente l'explication d'une loi que M. Saigey avait déduite autrefois des longues séries d'observations, dont la science est redevable au zèle assidu de Coulvier-Gravier.

Nous allons rapporter cette loi à cause de sa simplicité :

« Il existe une cause qui rejette hors du zénith les groupes d'étoiles filantes d'un même azimut, de telle sorte que, le centre de ces groupes se rapproche plus ou moins de l'horizon; il résulte de là, qu'un observateur qui veut voir les étoiles venant de l'Est, par exemple, ne doit pas se tourner dans cette direction, mais bien dans la direction opposée, c'est-à-dire vers l'Ouest, et ainsi de suite pour toutes les directions. » Cette singulière énigme devient une chose très-simple et très-claire, lorsqu'on se place avec M. Faye, au point de vue de la science actuelle. Il en sera de même de tous les faits généraux révélés par l'observation : tous seront expliqués tôt ou tard, sans recourir à des hypothèses, à moins qu'on ne veuille s'attaquer aux questions d'origine; mais aujourd'hui, on se soucie médiocrement de ces questions, parce qu'on sait, d'après une vieille expérience, combien elles sont peu accessibles. Félicitons les astronomes de leur conquête nouvelle; leur science que l'on croyait achevée, complétée, va toujours en s'élargissant, au grand bénéfice des idées générales, voire même des applications utiles.

Origine des météorites. — S'il est vrai que l'on admette maintenant, sans contestation, que les météorites aient une origine extra-terrestre, il s'en faut de beaucoup que les savants soient d'accord sur la région de l'espace de laquelle elles arrivent. Il en est qui les assimilent aux étoiles filantes; d'autres, à l'inverse, en font des corps essentiellement planétaires. Les premières ont une constitution tout à fait différente des pierres qui tombent du ciel, car les étoiles filantes sont formées de gaz raréfiés et lumineux, ce qui les différencie des substances minérales. En attribuant une même origine à des corps différents, c'est faire une hypothèse tout à fait gratuite, d'après M. St.-Meunier.

Les météorites appartiennent à notre système planétaire; elles dérivent d'une région voisine de la terre. Le système solaire se diviserait en trois groupes d'astres spéciaux. Le spectroscope montre que les uns sont cométaires ou gazeux, d'autres liquides, et d'autres solides. Le soleil représente le noyau à l'état de fluidité ignée que renferme notre planète; quoique ses différentes strates soient superposées par ordre de densité, la division moléculaire y aurait déterminé un mélange provenant d'une sorte de brassage. Les météorites pourraient provenir d'un astre unique dont la rupture aurait engendré ces corps, dont les orbites sont loin de passer toutes par un même point. A des divisions, auraient succédé d'autres divisions secondaires. Les petites planètes seraient un degré intermédiaire entre la lune et les météorites qui seraient beaucoup plus anciennes et qui représenteraient le dernier terme de l'évolution sidérale. Une pierre tombée dans l'Inde, en 1860, était à une température tellement basse, qu'on ne pouvait la toucher sans éprouver une sensation douloureuse. La chute

des météorites est dépourvue de périodicité. La première chute de pierres est géologiquement très-récente et répond à l'époque quaternaire.

M. Gueyniard montrait autrefois à M. Elie de Beaumont, de passage dans le département de l'Isère, une petite masse arrondie de fer natif, trouvée dans le terrain jurassique; c'était une météorite. La chute de ces corps remonterait donc jusqu'à cette époque.

Cause de l'incandescence des bolides. — Il y a quelques années, le célèbre physicien Regnault signalait un grand nombre de faits nouveaux sur es causes de l'incandescence des bolides, nous parlerons seulement des principaux.

Les molécules des gaz ne dégagent pas de chaleur par leur frottement sur les parois des vases dans lesquels ils circulent. Quand un mobile traverse l'air animé d'une vitesse plus grande que celle du son, le gaz se trouve comprimé comme dans le briquet à air, et la chaleur provenant de cette compression passe dans le mobile; celui-ci marchant avec une grande vitesse, recue illera toute la chaleur; sa température s'élevera successivement jusqu'à celle développée dans le briquet à air. C'est ainsi, que l'on peut fort bien expliquer, la très-haute température des bolides qui traversent l'atmosphère avec une vitesse de propagation plus grande que celle du son.

Le passage d'un liquide à travers un tube, doit dégager par le frottement, une certaine quantité de chaleur. Dans les corps solides, surtout lorsqu'ils sont très-durs, les molécules ont peu de mobilité, et leur frottement peut développer un dégagement de chaleur considérable.

Il ne faut pas perdre de vue, que dans la théorie mathématique, on suppose que les corps jouissent d'une élasticité parfaite, et qu'en outre, le mouvement ne peut pas changer de nature. Enfin, dans les équations, on ne tient pas compte de la matérialité des corps, car nulle part, il n'est question des modifications de la pesanteur dans le mouvement moléculaire. En ce qui concerne l'éther, on n'a pas à s'occuper de la pesanteur, mais il faut mettre en ligne de compte l'action des corps transparents.

Si on passe au mouvement des astres, on trouve que la vitesse de propagation est une très-petite fraction du mouvement élastique de l'éther.

En opérant avec tous les soins possibles, on trouve que la somme des effets calorifiques produits par la détente, et celle de ceux relatifs à la compression, sont les mêmes. Cependant, l'acide carbonique donne ce résultat ordinaire : la chaleur relative à la détente, est plus grande que celle donnée par la compression.

Passant à l'équivalent mécanique de la chaleur, le savant physicien donne une conclusion de la dernière importance : cet équivalent est une hypothèse. Au point de vue pratique, on est obligé de prendre l'équivalent mécanique, relativement à chaque corps tel qu'il est.

Cette théorie donna lieu a des objections, c'est ainsi que M. Delaunay voulut qu'on l'augmentât, ou selon lui qu'on la complétât, par ce qu'en a dit Derenberg dans une publication qui parut en 1811. L'incandescence, dit ce dernier, est considérée comme le résultat d'une combustion ou du frottement. Mais elle est bien plutôt due à la compression de l'air; de même, que dans nos briquets où l'air produit du feu par la compression.

Il faut expliquer : 1° la violence des explosions qui se font entendre fortement sur la terre, quoique le phénomène se passe dans les hautes régions de l'atmosphère où l'air est excessivement raréfié; 2° la vitesse relativement faible, en vertu de laquelle le fracas se fait entendre; 3° la croûte noire et mince, laquelle indique que chaque fragment a été soumis sur toute sa surface à une très-forte chaleur et de courte durée.

Voici comment on peut rendre compte de toutes ces particularités :

L'air réagit sur la partie antérieure du bolide, et exerce sur elle une pression considérable. On a évalué à plus de 22 atmosphères, la résistance qui tend à écraser le corps ; et si celui-ci donne prise, dans quelques-unes de ses parties, il peut s'en détacher de la masse ; et l'échauffement occasionnant des dilatations dans les couches voisines de la surface, elle peut amener des tiraillements capables de favoriser la rupture du projectile. La masse devenant ensuite trop petite, elle cède à l'action de la pression, et est repoussée en arrière par l'air comprimé qui se dilate en même temps.

C'est ce qui arrive pour les bouches à feu, où une masse de gaz se détend pour se répandre à l'orifice avec fracas dans l'atmosphère, pour lancer le boulet avec une grande vitesse. Ainsi s'explique l'explosion du bolide.

Les fragments qui s'en détachent peuvent même être pulvérisés par la violence de l'explosion ; d'où l'on comprend les détonations multiples et souvent prolongées, occasionnées par la compression de l'air, en sens contraire du mouvement du météore qui l'animait quelques instants auparavant. Ces parties fragmentaires perdent la vitesse de leur mouvement primitif, pour n'arriver sur le sol qu'avec la vitesse propre à la chute des corps. Enfin, le gaz comprimé enveloppe complétement les divers fragments détachés, et produit l'échauffement et la fusion qu'on remarque à la superficie.

M. Morin de son côté disait, à propos d'un passage où il est question des bouches à feu, que depuis longtemps déjà, on a reconnu le mode d'action de l'air dans l'artillerie sur le mouvement des projectiles. L'air éprouve en avant, une assez grande compression dans la direction du tir, ce qui est tout l'opposé de ce que prétend M. Delaunay dans ce qui précède. Cela est d'autant plus clair, que dans les polygones lorsqu'un canon tire, on aperçoit une trace de poussière jetée à une certaine distance en avant du canon. Les anciens canonniers connaissaient parfaitement cet effet. Lorsqu'on tire parallèlement à un long mur, celui-ci étant à droite, le boulet est dévié à gauche de la ligne de tir. Ces effets se produisent, non-seulement pour les grandes vitesses, mais donnent encore lieu à la remarque suivante : Il y a quarante ans, qu'à Metz, le général Didion avait constaté que, pour rendre compte du mouvement produit par la descente verticale, la loi de ce mouvement supposait que la résistance de l'air est représentée par un terme proportionnel au carré de la vitesse, et à un terme relatif à l'accélération.

A toutes ces contestations, M. Regnault répondit qu'il avait voulu traiter la question suivante : Quand un projectile paase dans l'air, le résultat que j'ai fourni est basé sur l'expérience. On dit partout, dans les cours et les ouvrages élémentaires, que les effets calorifiques observés, sont dus au frottement engendré par le projectile en traversant les différentes couches gazeuses. C'est pour rectifier ces idées, que j'ai mis au jour les principes que j'ai recueillis par l'expérience. Ce qu'il y a ici, c'est la quantité de force vive qui caractérise les corps solides en mouvement ; il faut tenir compte des réactions moléculaires. Anciennement, pour expliquer comment une machine ne produisait pas tout ce qu'on en attendait, on s'en prenait au frottement ; mais l'effet est dû à la perte de la force vive.

D'ailleurs, en cherchant bien, on trouvera certainement des auteurs plus anciens que celui qui a été cité, lesquels ont dit que la chaleur dégagée par un projectile en mouvement dans l'atmosphère, était due à la compression de l'air.

Un aérolithe tombé en plein jour. — Le 3 juillet 1872, à la suite d'un orage, la commune de Lancé (Loir-et-Cher), fut mise en émoi par une violente détonation suivie d'un roulement particulier dans la direction du N.-E. A Tours,

on croyait que c'était la poudrière de mine qui avait sauté. Plusieurs communes avaient été terrifiées; on parlait d'un petit nuage de fumée qui s'était produit dans la direction de Saint-Amand. Si le phénomène se fut produit pendant la nuit, il eût été d'une rare magnificence; mais à 5 heures et demie du matin, au sein d'une atmosphère éclairée par un beau soleil, il n'a pu frapper qu'un petit nombre d'observateurs.

A 5 heures 20 minutes, une personne se trouvant entre Champigny etBr isay, vit passer au-dessus d'elle une langue de feu se dirigeant avec une vitesse énorme du S.-O. au N.-O. Ce météore parut se dédoubler en deux boules du côté de la pointe de la lance; un des globes parut s'incliner et l'autre se redresser; il sembla alors que la flèche lumineuse s'enfonçait dans un nuage du côté de Saint-Maur. La couleur était aurore orangé, un peu plus brillante au moment de la séparation des deux globes. Un coup sec se produisit, sans écho, dans la direction de Tours. Il était alors 5 heures 26 minutes. L'apparence de lance de feu ou de fusée est due à la persistance des impressions lumineuses sur la rétine, et il s'agit d'un corps lumineux marchant très-vite.

Il paraît qu'il y aurait eu des corps lumineux, et que la bifurcation ne serait qu'une illusion. C'est ce que fait croire l'observation due à l'instituteur de Toulouse, qui a vu distinctement passer dans le S. du bourg deux corps lumineux, comme deux flammes de chandelle, marchant parallèlement avec une grande vitesse du S.-O. au N.-E.

M. Fuseiller, chef d'une importante usine métallurgique de Tours, étant assis dans un jardin et les yeux fixés par hasard vers le ciel, vit passer au S. de la ville, mais assez près du zénith, deux corps lumineux, marchant parallèlement, à une hauteur qu'il évalue à 50 mètres, et ayant la forme d'une espèce de bouteille. L'évaluation des dimensions absolues, est 2 décimètres de diamètre horizontal dans la partie la plus large, sur 4 décimètres de hauteur. A Tours, la vitesse du météore est ralentie; on l'évalue à celle d'un train express.

IX. — Ozone.

Son existence dans l'atmosphère; ses effets. — Appareil pour la production des effluves électriques. — Conséquences. — En temps d'orage, lorsque les éclairs ont sillonné l'atmosphère pendant un certain temps, on sent une odeur particulière, analogue à celle que dégage le phosphore. Cette même odeur se manifeste encore autour d'une machine électrique, de laquelle on tire des étincelles. Il s'est opéré dans ces circonstances, une transformation; l'un des gaz de l'air atmosphérique, l'oxygène, s'est transformé en *ozone*. Ce corps, découvert par Schœnbein, est considéré par les chimistes et les physiciens, comme de l'*oxygène modifié par l'action de l'électricité*. Ce qui légitime en quelque sorte cette opinion, ce sont certains faits que nous allons rappeler. On sait que du souffre chauffé et refroidi brusquement, devient mou, élastique; c'est du soufre modifié par la chaleur dans ses propriétés physiques; car, quant à ses propriétés chimiques, elles sont les mêmes: le soufre mou se comporte comme le soufre ordinaire dans les réactions; il brûle en donnant de l'acide sulfureux. Cette modification physique du soufre finit par disparaître; avec le temps, le soufre mou et brun redevient dur et jaune. Le phosphore est blanc, transparent, lumineux dans l'obscurité et très-vénéneux.

En brûlant dans l'oxygène, le phosphore rouge produit le même acide phosphorique que le phosphore ordinaire. Comme pour le soufre, cette modification physique du phosphore n'est pas permanente; car, en chauffant le phosphore

rouge à un degré de chaleur un peu supérieur à celui qui a déterminé sa transformation, ce phosphore rouge revient immédiatement à son état ordinaire.

Le diamant est du charbon, chimiquement parlant. En chauffant du diamant à une haute température, il se modifie profondément; il devient du coke, du charbon noir; il brûle à l'air pour donner, comme le charbon ordinaire, de l'acide carbonique.

L'ozone serait une modificatoin de l'oxygène opérée par l'électricité, tandis que la chaleur modifie le soufre, le phosphore, le diamant, ainsi que nous venons de le voir. Ce qui confirme cette manière de voir, c'est que l'ozone agit chimiquement comme l'oxygène, mais beaucoup plus activement. De plus, sous l'influence de la chaleur, l'ozone revient à l'état d'oxygène; la lumière agit de même. L'ozone oxyde l'argent à froid; il décompose l'iodure de potassium, déplace l'iode qui peut bleuir l'amidon. C'est sur cette propriété qu'est fondé l'emploi du *papier ozonométrique*, recouvert d'iodure de potassium et d'amidon; s'il se colore en bleu, on peut supposer la présence de l'ozone. On peut aussi se servir d'un papier de tournesol rouge, recouvert d'iodure de potassium. L'ozone décompose ce sel; il se forme de la potasse qui bleuit la tournesol.

L'ozone agit sur les corps organiques; il peut même se combiner à froid avec l'azote pour former de l'acide nitrique, ce que ne fait pas l'oxygène ordinaire.

Dans une conférence faite par M. Fremy, il y a une douzaine d'années, nous voyons que l'oxygène doit s'ozoniser dans toutes les circonstances où l'électricité se dégage et dans tous les milieux où l'air peut arriver. Or, l'électricité se produit dans une foule de circonstances, et les actions chimiques développent toujours de l'électricité. Par conséquent, lorsque les métaux s'oxydent, quand les roches se décomposent à la suite de la suroxydation du fer et du manganèse qui s'y trouvent, lorsque les pyrites se sulfatisent, lorsque les matières végétales brûlent lentement, et même dans les phénomènes d'organisation, l'ozone peut prendre naissance. La découverte de l'ozone est venue démontrer que, à côté de l'oxygène ordinaire, qui est principalement l'agent des combustions vives, il en existe un autre qui est l'ozone, qu'on peut appeler l'*oxygène des combustions lentes*, et dont l'action oxydante s'exerce sans intermédiaire existant.

La question de l'*ozonométrie atmosphérique*, qui intéresse particulièrement la météorologie, la climatalogie et l'hygiène publique, a été abordée également par M. Fremy.

L'ozone existe-t-il dans l'air? Peut-on constater sa présence? Est-il possible d'en déterminer la proportion? L'ozone a-t-il quelque importance au point de vue de l'hygiène? Peut-il exercer une influence sur la santé? Sans vouloir résoudre toutes ces questions, l'éminent chimiste s'est borné à donner quelques considérations générales.

Lorsqu'on sait que l'air est constamment traversé par des décharges électriques, il est difficile de ne pas admettre la formation de l'ozone dans notre atmosphère. Mais ce corps peut-il y rester? A-t-on jusqu'à présent constaté nettement son existence dans l'air? Ces questions laissent encore le plus grand doute dans l'esprit de M. Fremy.

En effet, dit-il, les décharges électriques qui, dans l'air, transformeraient l'oxygène en ozone, doivent nécessairement opérer aussi la combinaison de l'oxygène avec l'azote et produire de l'acide nitrique, que l'on retrouve du reste toujours dans les pluies d'orage. En outre, les circonstances qui produisent l'ozone, sont aussi celles qui engendrent souvent l'eau oxygénée; or, ce corps agit sur les réactifs ozonométriques comme l'ozone lui-même. Dans de pareilles recherches, il faut donc être sur ses gardes, pour ne pas s'exposer à confondre l'ozone avec tout autre corps que l'électricité peut engendrer..... Ce n'est pas en vain, que nous laissons des engrais de toute espèce se décomposer à la sur-

face de la terre, et que nous noircissons le sol de nos villes par du gaz quelquefois mal épuré. Il se dégage de ce sol, souvent empesté, des matières organiques peu connues, qui se mettent en suspension dans l'air; qui peuvent devenir des poisons véritables, et être la cause de nos maladies contagieuses. S'il existait dans l'air, un corps assez oxydant pour détruire les organismes vénéneux qui s'y trouvent, et si nous pouvions favoriser sa formation, le remède serait à côté du poison. Les localités que les épidémies épargnent, sont peut-être celles que ce principe mystérieux purifie constamment. Les questions les plus graves se rattachent donc à l'étude de l'ozone, et on comprend l'importance que nous donnons ici à cette étude.

Si l'ozone était produit en quantité suffisante, l'action de cet agent sur les exhalaisons serait donc une oxydation destructive qui empêcherait leur influence pernicieuse. Nous citerons ici, deux expériences décisives, à notre avis, que nous avons faites pour apprécier l'influence de l'ozone sur les substances animales. A l'époque des plus grandes chaleurs de l'été, nous avons pris de la viande fraîche de bœuf, et nous l'avons mise dans un flacon bouché à l'émeri contenant de l'air; une égale quantité de la même viande a été introduite dans un flacon semblable renfermant de l'air ozoné, dans la proportion de cinq milligrammes par litre de gaz. La contenance de chaque flacon, était de 200 centimètres cubes, et le poids de la viande dans chacun d'eux était de 50 grammes. Les deux vases furent placés dans une cave, à 15 degrés environ de température. Au bout de cinq jours, la viande dans le flacon d'air, était en pleine putréfaction. Dans le flacon d'air ozoné, la viande n'était aucunement altérée; sa couleur était rose et sa fraîcheur irréprochable. Le dixième jour, ce flacon fut ouvert; la viande n'avait contracté aucune mauvaise odeur. Quoique le flacon eût été rebouché rapidement, le lendemain la putréfaction était manifeste.

Une expérience analogue a été faite sur du lait, en opérant avec de l'oxygène. Au bout de huit jours, le lait renfermé dans le flacon d'oxygène ozoné, n'était nullement altéré; dans l'autre flacon, contenant de l'oxygène ordinaire, le lait était complétement putréfié.

Ces faits semblent être en contradiction avec un phénomène bien connu, qui se produit en temps d'orage; toutes les ménagères savent que quand le temps est orageux, les substances alimentaires d'une consommation journalière *tournent*. Le bouillon sûrit, le lait devient aigre, la viande se gâte, etc. Dans cette circonstance, l'ozone se montre comme un agent d'altération, hâtant la fermentation et la putréfaction, Il y a là, une étude à faire; elle est même en voie d'exécution, et bientôt nous saurons à quoi nous en tenir à cet égard.

L'ozone redevient peu à peu de l'oxygène à la température ordinaire, surtout si on le conserve dans un flacon exposé à la lumière diffuse. Les rayons directs du soleil ramènent promptement l'ozone à l'état d'oxygène. Ce phénomène explique pourquoi l'oxygène de l'air ne se transforme pas peu à peu en ozone. Puisque l'électricité atmosphérique produit de l'ozone, il s'en suit que les proportions de ce dernier corps, iraient toujours en augmentant dans l'atmosphère, si la lumière du soleil ne venait pas détruire ce qui a été fait par l'électricité. C'est grâce à cette manière dont les choses se passent, que la vie n'est pas compromise; car l'ozone, dans une certaine proportion, même assez faible, est nuisible à l'existence des êtres animés. Il est facile de s'en assurer, en faisant respirer de l'air ozoné à un animal, à un oiseau par exemple. Quelques milligrammes de ce gaz sous une cloche où respire l'animal, suffisent pour le rendre malade et même pour le faire périr.

Depuis longtemps, nous disons que l'électricité est une force naturelle qui préside à toutes les réactions chimiques. Tous les phénomènes de transformation, de combinaison, de décomposition opérés dans la nature, sont dus à

l'action de l'électricité. Cette influence s'exerce sous trois formes distinctes: l'étincelle électrique, les effluves lumineuses et les effluves obscures provenant de l'électricité dissimulée. La première forme se manifeste dans les orages, lorsque la foudre, partant des nuages, sillonne l'espace en produisant des éclairs. La seconde forme de l'électricité, se voit bien dans les aurores polaires; les lueurs variées de ces météores et persistantes pendant un temps assez long, proviennent de jets électriques phosphorescents. Le magnétisme joue aussi un rôle dans ces météores grandioses, mais les effluves électriques lumineuses en sont le principal caractère. Ainsi, dans les hautes régions de notre atmosphère, où l'air se trouve dans un état de raréfaction supérieur à celui qu'on obtient sous le récipient de la machine pneumatique, l'action de l'électricité occasionne des effets semblables à ceux manifestés dans les tubes de Gessler. Le fluide électrique, conjointement avec le magnétisme terrestre, agit d'une façon si complexe, que les physiciens ne sont pas encore parvenus à expliquer ces productions météoriques.

On conçoit que les effets électriques, puissent ne pas avoir assez d'intensité pour être apparents ou visibles à l'œil; alors il y a production d'effluves obscures. Cette dernière forme est la plus fréquente; elle est même incessante. Les étincelles ou les éclairs, et les effluves lumineuses, n'ont lieu que dans des circonstances passagères et sont locales; elles se renouvellent souvent, il est vrai, mais elles sont variables en durée, en étendue et essentiellement intermittentes, ainsi qu'on le constate en temps d'orages, d'aurores polaires et pendant les fortes chaleurs de l'été. Ces deux formes agissent chimiquement, d'une manière prompte et puissante. Il en est autrement des effluves obscures: elles opèrent lentement, progressivement, mais continuellement. C'est aux effluves obscures qu'il faut rattacher la formation abondante de composés qui agissent efficacement sur les productions agricoles. Les transformations chimiques naturelles se font sous l'influence des trois modes d'effets que nous venons de signaler; mais le troisième genre d'action, celui des effluves obscures, donne les résultats les plus considérables, parce que son existence est permanente, nous le répétons, quoique beaucoup moins accentuée dans ses effets et en un court espace de temps donné que les deux autres modes. La formation des nitrates, la fixation directe de l'azote dans les végétaux ou à l'état d'ammoniaque, les oxydations activées par la production de l'ozone, etc., sont autant de réactions chimiques naturelles occasionnées par l'électricité, agissant des trois manières que nous avons énoncées.

L'ozone est un agent décolorant des matières animales et végétales.

Nous allons dire maintenant comment nous parvenons à produire les effluves lumineuses et les effluves obscures; la production des étincelles ne devant pas nous occuper, attendu que, si l'étincelle électrique produit de l'ozone, elle le détruit bientôt, en sorte que, sous son influence, on ne peut obtenir qu'une quantité d'ozone très-limitée, à moins (ce qui est très-difficile) qu'on ne mette le gaz ozoné à l'abri de cette action prolongée.

Les appareils sont basés sur le pouvoir conducteur du charbon.

Le premier que nous avons construit et qui donne toujours de bons résultats est le suivant: Un premier tube en verre, long de 36 centimètres environ et ayant un ou plusieurs millimètres de diamètre intérieur, est rempli de graphite réduit en poudre fine, et ayant subi une température rouge blanc. L'une des extrémités de ce tube a d'abord été fermée à la lampe, et à l'autse extrémité, fermée de même après l'introduction du charbon, on a scellé un fil de platine communiquant au charbon intérieur.

Ce *petit tube* est introduit et centré dans un autre *tube moyen*, de manière à y entrer aisément, en laissant entre eux autant que possible, un espace annu-

laire cylindrique. C'est dans cet espace que le gaz doit pénétrer pour y subir l'action des effluves électriques, en se trouvant en contact seulement avec les parois des tubes, ainsi que le montre la disposition recourbée à l'extérieur du petit tube.

Dans un troisième *tube*, le *grand*, un peu moins long que le petit, du côté de l'arrivée du gaz, le système des deux tubes précédents a été introduit et fixé, en remplissant l'espace annulaire, laissé entre ce grand tube et le moyen, avec de la poussière de graphite, dans toute sa longueur. Les deux anneaux de charbon fermés aux deux bouts du grand tube, sont bouchés avec de la gomme laque ou autre matière isolante. Un fil de platine est fixé à l'un de ces anneaux; de manière à communiquer avec le charbon du grand tube, au bout opposé au fil métallique du petit tube. C'est de ce dernier côté qu'arrive le gaz, dans l'espace qui sépare le petit tube d'avec le moyen, celui-ci se prolongeant à l'autre extrémité et se recourbant sur la cuve à eau pour recueillir le gaz qui a subi l'action des effluves électriques. Cette électricité se produit en faisant communiquer les fils de platine de l'appareil avec les pôles d'une baleine d'induction, fonctionnent au moyen de un ou plusieurs éléments de pile. Dans ces conditions et sous l'action d'une tension électrique assez faible, les effluves se produisent à travers le courant gazeux soumis à l'expérimentation.

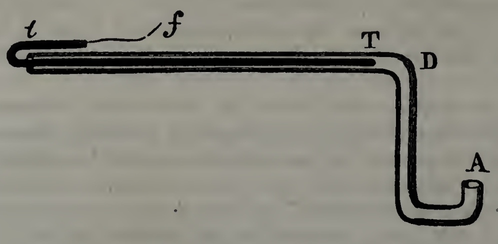


Fig. 3. — Petit tube en verre.

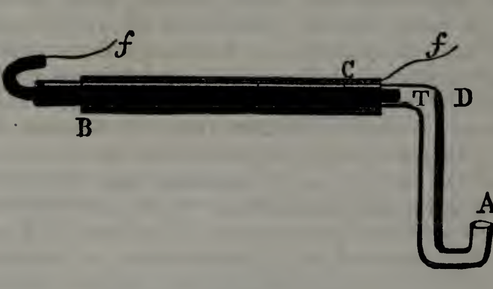


Fig. 4. — Gros tube en verre.

Les dimensions des tubes peuvent varier, suivant la source électrique et les effets à produire, *t*T, fig. 3, en noir, est le petit tube rempli de charbon en poudre. Ce petit tube est recourbé en *t*, *f* est le fil de platine soudé à l'extrémité du petit tube et communiquant avec son charbon. O est l'ouverture du tube moyen ODA, dans lequel entre le petit tube, en laissant antre eux un espace annulaire, afin de donner passage au gaz qui arrive en O pour se dégager en A.

BC est le gros tube, fig. 4, dans lequel se trouve le tube moyen. L'espace annulaire cylindrique formé par ces deux tubes est aussi rempli de charbon en poudre, et un fil de platine *f'* communique avec ce charbon. En *o* se trouve un bourrelet de gomme laque (non figuré ici) qui permet d'ajuster un tuyau en caoutchouc pour amener le gaz. Aux extrémités B et C du gros tube, des bourrelets de gomme laque fixent ce tube sur moyen, et y maintiennent le charbon enfermé. Les fils *f* et *f'* sont mis en communication avec les pôles d'une bobine d'induction en exercice, lorsque le gaz ou le mélange gazeux passe dans le tube moyen.

La disposition de ces appareils peut être modifiée de plusieurs manières, de

façon |à obtenir les meilleurs effets voulus. Ainsi, dans la fig. 5, les deux tubes conducteurs remplis de charbons *t* et T et *t'* T' sont dans une position verticale, placés parallèlement ; *f* est l'un des fils de platine et *f'* est l'autre fils. MN est une plaque de verre appliqué sur les tubes ; une autre plaque semblable est située de l'autre côté. Tout l'espace compris entre ces deux plaques est rempli de parafine, excepté l'espace *ab* compris entre les deux tubes conducteurs. Le gaz entre en *a* pour ressortir en *b*, après avoir reçu l'action des effluves dans son passage le long de l'espace réservé *ab*. Tout est scellé en *tt'* et en TT' avec de la gomme laque ou de la cire blanche, le jeu de cet appareil est trop facile à comprendre pour que nous insistions. Les effluves se produisent entre les tubes, le long de *ab*, et on les voit fort bien dans l'obscurité ; si la distance des conducteurs est partout la même, on voit une lueur phosphorescente sillonner tout l'espace *ab*, lorsque les fils métalliques *f* et *f'* sont en communication avec les électrodes d'une bobine d'induction activée par une pile électrique.

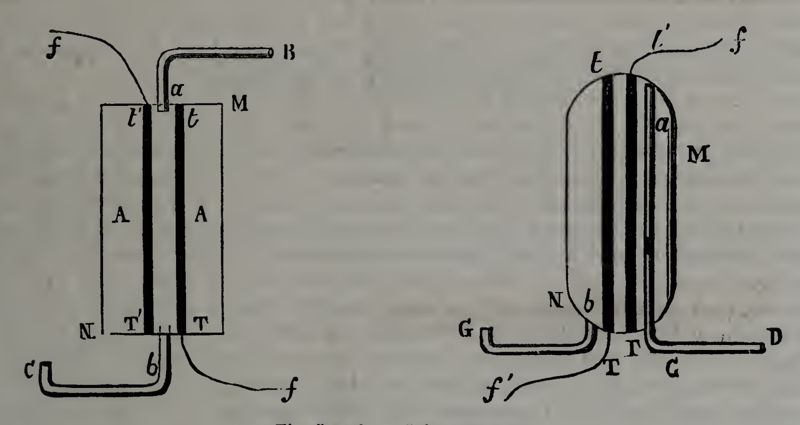


Fig. 5 et 6. — Tubes en verre.

Si l'on veut opérer sur un volume donné d'un gaz ou d'un mélange gazeux, on emploie l'appareil figuré, fig. 6.

MN est un récipient ou éprouvette fermé aux deux extrémités, *t*T et *t'*T' sont les deux conducteurs ou tubes pleins de charbon en poudre, *f* et *f'* les deux fils de platine ou réophores. Le tube D*ca* amène le gaz de D en *a*, à la partie supérieure, par exemple, le tube *b*G est celui de la sortie, au bas *b* de l'appareil. Lorsqu'on a fait arriver une certaine quantité de gaz dans l'appareil, on peut opérer sur ce volume aussi longtemps que l'on veut, et le renouveler à volonté.

Les appareils que nous venons de décrire sont aptes à produire une foule de réactions, au moyen des effluves électriques. Si l'on veut que celles-ci soient obscures, on n'a qu'à placer les deux tubes à charbon à une distance suffisante l'un de l'autre, pour qu'il n'y ait pas de lueur dans l'obscurité, lorsque l'appareil est en action.

Parmi les effets que nous avons obtenus, nous parlerons ici de ceux qui sont relatifs à la production de l'ozone, comme rentrant dans le domaine de la météorologie. On peut opérer sur l'oxygène ou sur l'air atmosphérique ; mais il est clair que ce dernier mode d'opérer est celui qu'il nous importe de considérer.

Pour obtenir un courant d'air, circulant dans l'un de nos appareils, dans celui de la fig. 2, par exemple, on peut employer avantageusement un système de

flacon dont l'un, le supérieur, est rempli d'eau. Celle-ci s'écoule avec une vitesse réglée à volonté dans un autre flacon plein d'air ou d'oxygène et force ce gaz à passer dans l'appareil à effluves.

Nous avons fait une expérience en employant un faible courant électrique en vue de vérifier si, selon nos prévisions, la quantité d'ozone produite en agissant sur de l'air, était supérieure à celle obtenue avec l'oxygène pur, en tenant compte, bien entendu, du rapport entre l'azote et l'oxygène. Les effluves étaient produites sur une longueur de 34 cent. Les diamètres extérieurs des tubes étaient pour le petit, le moyen et le gros, de 3, 6 et 9 mill. Les courants gazeux avaient une vitesse représentée par le dégagement de 2 bulles à la seconde. La température était de 13 à 14 degrés centigrades. Cinq éléments de Bunsen fournissaient l'électricité à la bobine d'induction, dont la tension était très-faible. Une première série d'épreuves a été faite sur un courant d'air sec, et ensuite sur un courant d'oxygène sec. Avec le courant d'air, on a obtenu une moyenne de 20 à 21 milligrammes d'ozone par cinq litres d'air, ce qui correspond très-approximativement à 1 litre d'oxygène. Le courant d'oxygène a donné dans les mêmes conditions 6 milligrammes d'ozone par litre de gaz soumis à l'action électrique. Mais il fallait supposer, en opérant avec l'air, et tout en recueillant le gaz sur la cuve à eau, que l'ozone dosé n'était pas le seul produit fourni par les effluves: il pouvait y avoir des composés d'azote et d'oxygène capables d'influencer les résultats. C'est pourquoi ces expériences ont été reprises le lendemain, en opérant de la même manière, c'est-à-dire comparativement, mais en ayant soin de détruire l'influence des composés hypothétiques par l'emploi d'une dissolution de potasse caustique. Le même courant d'air que la veille a donné d'abord 35,7 milligrammes d'ozone par 5 litres d'air, sans avoir employé la potasse, ensuite l'air recueilli après les effluves a été agité avec la potasse, puis on a fait passer le gaz dans un autre flacon pour doser l'ozone. Le titrage a donné identiquement le même résultat que le précédent, c'est-à-dire qu'il a accusé 35,7 milligrammes d'ozone pour 5 litres d'air. L'électricité ayant encore faibli, une autre épreuve a fourni 14 milligrammes d'ozone pour la même quantité d'air. Le courant d'oxygène ayant passé à son tour dans l'appareil a donné à peine 1 milligramme et demi d'ozone par litre de gaz; mais nous devons dire que nous ne tenions pas à développer un courant électrique énergique, n'ayant en vue que des déterminations comparatives.

En présence de ces chiffres, une conclusion nous semble inévitable; c'est que l'oxygène est beaucoup plus facilement transformé en ozone lorsqu'on agit sur lui tel qu'il est dans l'air, que lorsqu'on opère sur ce gaz à l'état de pureté, et la différence d'action dans les deux cas où nous étions placé est à peu près dans le rapport de 3 à l'unité.

Une autre conséquence théorique nous paraît aussi découler de ce qui précède; c'est que l'ozone ne peut pas être une combinaison de l'oxygène avec lui-même. La réunion de plusieurs atomes d'oxygène pour former l'ozone, semble être une hypothèse qui n'est plus soutenable, L'oxygène mêlé à l'azote dans l'air atmosphérique se trouve dans des conditions favorables à la production de l'ozone, parce que ce qui est produit par les effluves électriques ne peut plus se rétablir à l'état primitif d'oxygène, à cause de l'empêchement apporté par l'azote, ce gaz tenant à distance les atomes qui tendent si fortement à reconstituer le gaz oxygène.

Nous ferons ici une remarque relativement au jeu des agents naturels. Cet ozone si actif, si dangereux quand il existe en grande quantité, cet ozone qui se forme dans notre atmosphère pour agir dans les transformations de notre globe, trouve dans l'espace la cause de sa destruction, cette cause est principalement la lumière. L'ozone ne se conserve que dans l'obscurité; à la lumière

solaire, même diffuse, il redevient de l'oxygène. Que deviendraient les êtres vivants si l'ozone formé dans notre atmosphère se conservait? Au bout d'un certain temps, tout l'oxygène de l'air aurait disparu; à sa place se trouverait l'ozone, gaz mortel lorsqu'il est dans un état suffisamment concentré. Mais sous l'influence de la lumière, tout est rétabli dans l'état primitif, et ces transformations successives sont calculées, comme toutes les autres, de manière à ce que tout soit ordonné pour concourir à entretenir la vie et atteindre le but final de la création. Tel est le beau privilège de la science, de nous faire admirer la grandeur des principes et des lois de la nature, l'ordre qui règne partout, tandis que les anomalies ne sont qu'apparentes et disparaissent avec la marche du progrès scientifique. Le désordre n'est propre qu'à l'homme, lorsqu'il dévie de la voie tracée par la Providence, en cherchant à imprimer à ses institutions sociales une direction différente de celle pour laquelle il a reçu l'existence.

X. — Orographe. — Radiomètre. — Bathomètre. Mesure de la marche des nuages.

Parmi les instruments nouveaux, applicables à la physique du globe, nous noterons l'*Orographe*, destiné au levée des montagnes. Cet instrument, employé depuis plus de cinq ans par M. Schrader, lui a servi pour dresser une carte du Mont-Perdu. Dans ses relèvements des Pyrénées espagnoles, le pourtour de l'horizon est reproduit par une opération automatique, en anamorphosant cet horizon, de manière que les angles verticaux et les angles horizontaux se trouvent projetés sur le même plan.

On considère l'horizon comme un cylindre dont on occupe l'axe en un point quelconque ; on transforme ce cylindre en plan circulaire, en donnant ainsi aux génératrices la forme de rayons, tandis que les cercles superposés, sur lesquels on aura à mesurer les angles zénithaux, se disposent en cercles concentriques. Pour obtenir mécaniquement cet anamorphose par le seul fait d'une visée dirigée vers chaque point de l'horizon, M. Schrader a imaginé d'élever au centre d'un plateau circulaire, un axe vertical portant un manchon qui peut tourner autour de lui à frottement doux. Sur le sommet du manchon se trouve fixée une lunette dont les mouvements de bascule dans le sens vertical se transmettent par un arc de cercle et par une crémaillère horizontale, à un crayon ou à un stylet qui transforme ces mouvements de bascule en mouvements d'avant et d'arrière, Si la lunette décrit un cercle autour de l'horizon, le stylet décrira un cercle correspondant sur le plateau, les rayons de ce cercle prenant la place de sections verticales du cylindre idéal environnant. Si, au contraire, la lunette se lève ou se baisse, le tracelet viendra laisser une marque à une distance plus ou moins grande de l'axe central, et la mesure de cette distance se prendra facilement ainsi qu'il suit :

On fixe un niveau à bulle d'air sur le manchon qui tourne autour de l'axe central, on trace des degrés et on fixe un vernier sur le limbe de l'arc de cercle qui transmet le mouvement; on n'a ensuite qu'à ramener le limbe et le niveau dans une position telle que la lunette soit rigoureusement horizontale, puis on fait décrire un tour à l'appareil autour de l'axe vertical. Si le plateau porte une feuille de papier recevant le tracé du chemin parcouru par le stylet, il se produira sur ce papier un cercle où viendront se profiler ensuite tous les points situés autour de l'opérateur sur l'horizontale. Cela fait, on vise avec la lunette les différents points de l'horizon, et, à mesure que leurs contours sont

rencontrés par le centre de la croisée des fils de la lunette, ces mêmes contours se reproduisent fidèlement sur le papier du plateau. On s'arrête à tous les points importants, on imprime à la lunette plusieurs balancements horizontaux passant tous pa le point visé, et on obtient une moyenne en forme de croix, qui restreint les chances d'erreur dans la proportion du nombre d'observations successives. Le cercle d'horizon achevé et vérifié par le seul fait de la concordance du départ avec l'arrivée, on complète l'esquisse de façon à obtenir une reproduction complète de l'horizon. C'est ainsi qu'a été obtenu un cercle orographique sur le sommet du pic de Cortiella en Aragon.

Pour transférer de pareils cercles orographiques en une carte, il n'y a qu'à les orienter sur une base connue, puis à mener des rayons par les différents points de la circonférence. Les intersections de rayons aboutissant à un même point par plusieurs cercles différents, donnent le lieu de ce point, dont l'altitude est facile à déduire de la distance et de l'angle zénithal. Cet instrument est, suivant nous, appelé à rendre de grands services, pour le levée des plans de montagnes.

Radiomètre, Radioscope. — Des faits extrêmement curieux, relatifs à la lumière, ont attiré l'attention du monde savant, il y a environ deux ans. Ces faits, signalés par M. Crookes, physicien anglais, tendent à déceler l'action de la lumière, comme agent moteur. Ce savant a constaté que, si l'on dirige un faisceau de lumière sur une baguette en moelle de sureau, suspendue horizontalement dans un espace privé d'air autant que possible, la baguette prend un mouvement rotatoire dans la direction du rayon lumineux, comme si celui-ci lui avait imprimé une impulsion. La suspension de la baguette était faite au moyen d'un fil de coton, dans une grande cloche en verre où le vide avait été fait. Dès qu'on approchait une bougie allumée à la distance de 5 millim., la baguette se mettait à osciller à droite et à gauche ; l'amplitude du mouvement augmentait jusqu'à ce que l'inertie fut vaincue, et plusieurs révolutions entières étaient ainsi produites. La torsion du fil limitait ce mouvement et ramenait la baguette dans sa première position, où le même jeu se répétait, tant que la bougie était proche. Quand, à la place de celle-ci on mettait un morceau de glace, le phénomène avait lieu en sens contraire, c'est-à-dire que la baguette était repoussée. M. Crookes expliqua cette différence, en admettant que les rayons de chaleur exercent leur influence avec la lumière. Si la cloche est dans une atmosphère de chaleur uniforme, l'équilibre ne peut pas être rompu, parce que l'action est la même en tous les points. Mais l'approche d'un corps de température différente de celle de l'air environnant, suffit pour déterminer le mouvement. Moins le vide est parfait, plus l'action des rayons de chaleur et de lumière est faible. Il y a un certain degré de raréfaction pour lequel il existe un point neutre.

En opérant sur deux baguettes, dont d'une est blanche et l'autre recouverte de noir de fumée, on constate que, sous l'influence d'une chaleur obscure, les deux baguettes sont repoussées avec la même intensité, mais que la répulsion est plus forte pour le noir sous l'action de la lumière, tout en reconnaissant que la lumière est réfléchie par une surface blanche. Ces expériences ont suggéré à M. Crookes l'idée du *radiomètre*. Cet instrument consiste en un globe de verre étiré en bas et reposant sur un socle en bois. Le manche s'élève dans l'intérieur jusqu'au centre, où il se termine par une dépression dans laquelle est placé un pivot en acier. Sur ce point repose un moulinet à quatre branches; chacune de celles-ci porte à son extrémité une petite plaque carrée en moelle de sureau. Ces plaques, disposées de la même manière sont noircies sur une face et blanchies sur l'autre face. Le moulinet étant en place, on fait le vide dans

l'appareil. En approchant une bougie allumée, le moulinet se met à tourner.

La présence de la vapeur d'eau, même en petite quantité dans l'appareil presque vide, sinon tout à fait vide, neutralise l'action la plus énergique des rayons lumineux, sur une surface noircie.

L'effet de deux bougies placées l'une à côté de l'autre est doublé ; l'effet de trois bougies est triple de celui d'une seule bougie.

Cet instrument peut servir comme photomètre exact. En balançant l'action d'une bougie prise pour type d'un côté, contre une source quelconque de lumière placée de l'autre côté, on reconnaît aisément la valeur de celle-ci. La bougie type à 48 pouces est compensée par la flamme d'un bec de gaz à 113 pouces. Comme les intensités d'une même source de lumière sont en raison inverse des carrés des distances aux points éclairés, on en conclut que la lumière de la bougie type est à celle du bec de gaz dans le rapport du carré de 48 au carré de 113 ou comme 1 est à 5,5. Le bec de gaz était donc égal à cinq bougies et demie.

En interposant des écrans d'eau ou des plaques d'alun, pour intercepter la chaleur obscure, on mesure l'intensité réelle de la lumière. De plus, en interposant des verres coloriés ou des dissolutions, on peut mesurer l'influence de toute couleur, soit par rapport à la radiation totale d'une bougie, soit par rapport à ses rayons lumineux d'une couleur quelconque. Un rayon coloré peut être comparé à un autre rayon coloré, en plaçant de chaque côté des écrans de diverses couleurs.

Le radiomètre peut être formé par quatre bras de fils de verre très-fins, soutenus au centre sur la pointe d'une aiguille, et portant à leurs extrémités les disques noircis d'un côté à la lampe, les faces noires se présentant toutes dans le même sens. L'aiguille est placée dans une coupe de verre, et les bras avec leurs disques sont délicatement tenus en équilibre, pouvant tourner sous la plus légère impulsion. La vitesse de rotation en plein soleil est considérable ; on ne peut pas compter le nombre des tours ; il doit être de plusieurs centaines en une seconde. L'action d'une chaleur obscure, comme celle de l'eau bouillante, est de repousser également chaque surface, et le mouvement de l'instrument est arrêté ; le même effet est produit par la glace.

Si les disques de moelle sont noircis des deux côtés et si on en approche une bougie, en interceptant la lumière d'un côté, une rotation rapide a lieu, dont le sens est renversé, dès qu'on intercepte la lumière de l'autre côté.

Puisque M. Crookes a observé qu'il y a répulsion quand le vide est complet, et attraction sous la pression ordinaire, lorsque les disques de moelle de sureau sont noircis d'un seul côté, il en résulte qu'avec une certaine raréfaction de l'air, il ne doit y avoir aucune action. Ce point neutre dépend en partie de la conductibilité du corps et de la nature du gaz présent.

MM. Dewar et Tait ont montré que la réflexion était causée par l'échauffement du disque, en attachant deux disques égaux, l'un de sel et l'autre de verre, aux extrémités du fléau. Le sel gemme restait stationnaire quand le rayon lumineux était projeté sur lui ; celui en verre, au contraire, se mouvait. La raison en est évidemment dans la diathermanéité du sel.

Une autre expérience, indiquée par M. Ledieu, a été exécutée par M. Salleron. Le premier avait prévu que le tourniquet tournerait encore, en le soumettant exclusivement à l'influence d'un faisceau lumineux tombant parallèlement à l'axe de l'instrument. Cette prévision a été pleinement vérifiée ; M. Ledieu en conclut d'abord que la doctrine de l'émission était condamnée, pour expliquer la rotation du tourniquet.

M. Govi est venu contredire l'opinion qui attribue la force impulsive à la lumière ou aux courants thermiques. Ces mêmes mouvements, observés dans le

vide ordinaire par Fresnel, en 1825, ne sont pas dus aux déplacements d'un gaz dont la pression est réduite à quelques centièmes de millimètres. Il y aurait une cause qui pourrait donner la véritable explication des mouvements observés; ce serait la dilatation par la chaleur ou la condensation par le froid des couches gazeuses que tous les corps retiennent à leur surface, lors même qu'ils sont placés dans le vide absolu. La masse de ces couches de gaz ou de vapeur n'est pas négligeable relativement à celle des corps qui les retiennent, surtout quand ceux-ci sont très-divisés, comme le noir de fumée, le noir de platine, etc., ou qu'ils sont doués d'affinités spéciales pour certains gaz, comme le palladium pour l'hydrogène.

Dans les divers appareils de M. Crookes, on dispose des ailettes légères métalliques ou lisses d'un côté, noircies ou mates de l'autre côté, attachées au bout d'aiguilles horizontales très-mobiles, dans des espaces où le vide est assez parfait pour que le milieu n'y offre plus de résistance appréciable. Aussitôt qu'un rayon va rencontrer la surface mate ou noircie de ces ailettes, les oscillations lumineuses de l'éther absorbées, comme on dit, vont s'y transformer en chaleur obscure, et la couche gazeuse qui adhérait à la surface, acquérant aussitôt une force élastique plus considérable, va s'y dilater en réagissant contre son point d'appui au moment de la détente, il va se passer, en un mot, quelque chose de semblable à ce qui a lieu dans une pendule balistique lors de la sortie du projectile; celui-ci se trouve remplacé ici par les molécules du gaz que la chaleur force à s'éloigner de la surface éclairée, voilà comment la lumière paraît chasser devant elle les surfaces noircies ou mates qu'elle rencontre, tandis qu'en réalité elle ne fait qu'en élever la température et y dilater la couche gazeuse adhérente, laquelle devient alors la cause immédiate du recul observé. Cependant, le gaz dilaté n'est pas tout à fait libre, tant qu'il demeure en présence du solide qu'il vient de quitter, et le refroidissement va bientôt le ramener à sa place lorsque la lumière aura cessé d'agir. L'expérience de MM. Tait et Dewar corrobore cette opinion, car ils obtiennent le vide le plus parfait, en chauffant du charbon en poudre très-fine dans le récipient à épuiser, pendant que la pompe à mercure fonctionne pour en extraire les dernières quantités de gaz qu'elle en peut tirer. Quand la pompe n'agit plus sensiblement, on laisse refroidir le charbon, lequel absorbe aussitôt à peu près tout ce qui peut rester de gaz libre. Le vide ainsi obtenu ne se laisse plus traverser par l'étincelle électrique; il est probable que, si l'on chauffait alors la poudre de charbon, l'électricité repasserait, le vide cessant d'être aussi parfait qu'il l'était; si les surfaces échauffées se dérobent en reculant, à l'action de la lumière pour y revenir en tournant, comme dans le radiomètre, il doit se produire dans l'appareil un mouvement continuel de rotation, qui durera autant que l'action efficace de la lumière sur les palettes. Cet instrument est un tourniquet à réaction, une sorte de soleil tournant à dilatation d'air. Cette action sera d'autant plus vive que les surfaces en jeu condenseront plus de gaz, que la lumière agira sur elles plus longtemps, et qu'elles auront un pouvoir plus considérable pour la radiation qui les rencontre.

La même explication s'applique à tous les autres mouvements étudiés par M. Crookes. Les sources de froid agissent (quoique plus faiblement) en sens contraire, parce qu'elles condensent davantage la couche gazeuse qui adhère aux surfaces refroidies, en déterminant par réaction des mouvements opposés à ceux que produisait l'échauffement. Si le vide du récipient n'est pas assez parfait, la résistance et les tourbillons de l'air restant pourraient y paralyser les impulsions toujours assez faibles, dues à la réaction des gaz dilatés, et pourraient même déterminer, dans certains cas, des mouvements en sens contraire.

L'éclairement du côté lisse ou métallique des ailettes, chauffant par conductibilité la face opposée, plus riche en gaz, doit donner lieu aux mêmes phéno-

mènes que si l'on avait chauffé celle-ci directement. Le côté opposé éclairé va donc marcher, dans ce cas, quoique plus lentement, à la rencontre de la lumière.

En supposant que les deux surfaces des ailettes fussent identiques, le mouvement pourrait encore se produire, parce que la première face frappée s'échaufferait toujours et abandonnerait une partie de son gaz, avant que l'autre eût eu le temps de s'élever, par conductibilité, à la même température.

D'après cela, on doit pouvoir construire des radiomètres insensibles, en chauffant les ailettes immobiles de l'appareil, pendant le fonctionnement de la pompe à mercure pour produire le vide, M. Fizeau a cité une expérience dont le résultat ne semble pas être favorable à l'explication ingénieuse de M. Govi. Si l'on dispose autour du radiomètre une couronne de bougies équidistantes, formant un cercle d'environ 50 centimètres de diamètre, au centre duquel est situé l'instrument; celui-ci se trouve éclairé également et symétriquement tout autour de son axe de rotation; les ailettes, en tournant, reçoivent ainsi la même quantité de lumière sur toutes les faces noircies et polies. Le mouvement de rotation s'étant produit dans ces conditions, avec une vitesse d'environ dix tours en sept secondes, on a mesuré le nombre des tours de cinq en cinq minutes. La vitesse a été trouvée constante pendant une heure entière. Dans ces circonstances, la vitesse de rotation ne devrait-elle pas diminuer et s'éteindre, au bout d'un temps assez court, si elle était produite par l'émission à la surface noircie de traces de gaz ou de vapeurs condensées. Par suite de l'uniformité de l'éclairement, on ne peut pas admettre ici les alternations supposées de condensations et d'émissions nécessaires à l'entretien du mouvement; la couche gazeuse de la surface noircie n'étant plus renouvelée, ne manquerait pas de s'épuiser, ce qui ralentirait bientôt et éteindrait la rotation des ailettes.

D'après ce qui précède, on voit que l'intéressante question qui vient de nous occuper est loin d'être élucidée. A côté des principaux phénomènes et explications que nous avons esquissés pour mettre le lecteur au courant de l'influence de la radiation ou de l'émission des rayons lumineux et calorifiques, nous exposerons encore les idées de M. G. Chevallier, d'Alençon, parce qu'elles nous ont paru assez rationnelles. Il y a déjà longtemps que, pour la première fois, on a soupçonné à la lumière une force motrice, car Kepler attribuait la formation de la queue des comètes à l'impulsion des rayons solaires qui détachaient et dispersaient au loin les parties plus tenues de la nébulosité. Pour que cette explication fût admissible, Arago fait observer qu'il faudrait prouver que les rayons solaires sont doués d'une force d'impulsion; or, dit-il, les expériences les plus délicates n'en ont pas accusé de sensible. Cependant, il est probable que, si Kepler fait cette hypothèse, c'est qu'il a dû y être conduit par quelques remarques ou par quelques expériences. Pourquoi, en effet, ne pas admettre que les vibrations de la lumière peuvent se transformer directement en force motrice, puisqu'il est constaté que celles du son donnent naissance à un travail mécanique. Tout le monde sait qu'en produisant loin d'une corde sonore le son qu'elle peut rendre, cette corde entre immédiatement en vibration et fait entendre un son. Or, les molécules d'un corps incandescent sont en vibration comme celles d'un corps sonore. Ces vibrations sont transmises par l'éther; elles apportent donc pendant un temps donné, sur les points qu'elles rencontrent, une certaine somme de force vive qui mesure leur intensité. Tous les effets produits sont proportionnels à cette force vive; il faut que celle-ci se conserve ou qu'elle se transforme en un travail équivalent. Dans la plupart des cas, le corps réfléchit et disperse en tous sens les rayons lumineux qu'il a reçus; c'est le phénomène de la diffusion, lequel nous permet de voir les objets. Néanmoins, toutes les substances absorbent en partie les rayons lumineux; cette perte de force vive ne peut s'accomplir sans déterminer

un phénomène consécutif équivalent; le plus souvent le corps se met à vibrer et rend ce qu'il avait reçu, sous forme de chaleur obscure, ou encore sous forme de lumière; tels sont les effets de phosphorescence et de fluorescence; d'autres fois, la force vive perdue développe un travail chimique équivalent : elle décompose la substance. Mais si, comme dans le radiomètre, le rayon lumineux tombe sur une plaque noircie, dans ce cas, il n'y a pas de diffusion, les phénomènes de fluorescence et de phosphorescence ne se produisent pas, et la substance n'est pas décomposée, il se produit trois phénomènes successifs distincts : 1° La plaque absorbe les rayons incidents; 2° Peu à peu elle s'échauffe; 3° Elle rayonne de la chaleur obscure; la nature des rayons a été transformée, leur réfrangibilité diminuée; mais il faut que toujours, le travail produit soit proportionnel à la force vive apportée par le rayon de lumière.

Ces principes posés, appliquons-les à la théorie du radiomètre. Dans cet appareil, les rayons de lumière tombent sur la surface noircie et l'échauffent; la couche gazeuse adhérente à cette face, dit M. Govi, acquiert une force élastique plus grande, et se dilate en réagissant contre son point d'appui, ce qui détermine la rotation de l'instrument. Mais alors, si c'est la dilatation du gaz qui engendre le mouvement, pourquoi l'instrument ne tourne-t-il pas dans l'air à la pression ordinaire; car si l'air est moins raréfié, la masse de gaz dilaté est plus considérable; par conséquent, la réaction sur la plaque doit être plus grande et la rotation devrait se produire à une pression quelconque? M. Chevallier constate que cette hypothèse a été mise en défaut par l'expérience rapportée par M. Fizeau et dont nous avons parlé. Il reste une troisième hypothèse, très-vraisemblable, mais que l'on hésite à accepter, parce qu'elle est probablement trop simple; c'est celle qui admet la transformation *directe* de la lumière en mouvement.

Cherchons cependant à expliquer les choses au moyen de cette hypothèse :

1° Les rayons lumineux qui tombent sur la plaque, l'échauffent peu ou point; mais la force vive apportée par les vibrations de la lumière, se transforme directement en travail mécanique, lequel se manifeste par la rotation de l'appareil;

2° L'instrument ne tourne pas dans l'air à la pression normale, parce que la somme de force vive apportée par la lumière est insuffisante pour vaincre la résistance que l'air oppose au mouvement de l'instrument; aussi le mouvement s'accélère-t-il lorsque la raréfaction augmente;

3° Les corps noirs sont plus vivement repoussés que les corps blancs, parce qu'une partie de la lumière est réfléchie et diffusée par ceux-ci, et que cette force vive se trouvant simplement dispersée et non absorbée, elle n'a pu produire de travail;

4° Les baguettes de sureau, noires et blanches, de l'expérience de M. Crookes, sont également repoussées par la chaleur obscure, parce que les pouvoirs absorbants de ces baguettes pour la chaleur obscure, ne diffèrent que d'environ cinq centièmes; une même quantité de force vive se trouvant absorbée, le travail effectué est le même;

5° La glace produit un effet contraire à celui des corps lumineux ou chauds, parce que, si on considère la lame du radiomètre et la glace comme deux sources de chaleur tendant à se mettre en équilibre de température, ce qui est vrai, on voit que la lame de l'appareil recevant moins de chaleur qu'elle n'en perd, et diffusant cette chaleur d'un seul côté, elle doit être le siége d'une réaction, qui donne naissance à un mouvement de sens contraire à la direction des rayons qu'elle diffuse;

6° L'effet moteur diminue comme augmente le carré des distances, car la force vive des rayons lumineux diminue suivant le même rapport.

Cette hypothèse explique parfaitement les expériences qui ont été faites avec le radiomètre ; d'ailleurs, si la lumière ne se transforme pas en mouvement en présence des lames du radiomètre, elle doit échauffer ces lames. Pour vérifier ce dernier point, remplaçons la lame de mica par une lame métallique, composée de trois métaux différents, comme dans le thermomètre de Bréguet; noircissons une des faces de cette lame, et renouvelons les expériences avec l'instrument ainsi modifié ; si la rotation est due à une influeuce calorifique, les lames se courberont en s'échauffant, par l'effet de l'inégale dilatation des métaux qui les composent. Au contraire, si elles restent sensiblement planes, on en tirera la conclusion que la lumière s'est directement transformée en mouvement, MM. Bertin et Garbe se sont aussi occupés de la théorie du radiomètre. Le peu que nous allons dire de leur travail suffira pour le faire apprécier, surtout en le comparant aux idées précédentes.

Ils rappellent un principe de mécanique certain, qui les dispense d'entrer dans les détails minutieux des effets observés; il faut toujours que l'action soit égale à la réaction; la somme des mouvements doit rester invariable. La somme des couples qui animent le système est égale à zéro, si l'effet est dû à l'action de l'air, il faut que la masse de l'appareil soit animée d'un mouvement contraire. Partant de ce principe, on reconnaît que, conformément aux lois de la mécanique, les deux mouvements sont parfaitement égaux et de signes contraires, pourvu que l'état initial soit l'immobilité. Il n'y a donc pas lieu de chercher une force qui contrarierait cette égalité.

Mesure de la profondeur de la mer. — Bathomètre, fig. 7. — L'instrument appelé *Bathomètre*, inventé par M. Siemens, est destiné à remplacer la sonde dans la détermination de la profondeur de la mer; sa construction est basée sur deux faits : l'attraction totale de la terre, mesurée à sa surface, est la somme des attractions individuelles exercées par toutes ses parties; l'attraction de chacune de ces parties varie en proportion directe de sa densité, et en proportion inverse du carré de la distance au lieu considéré.

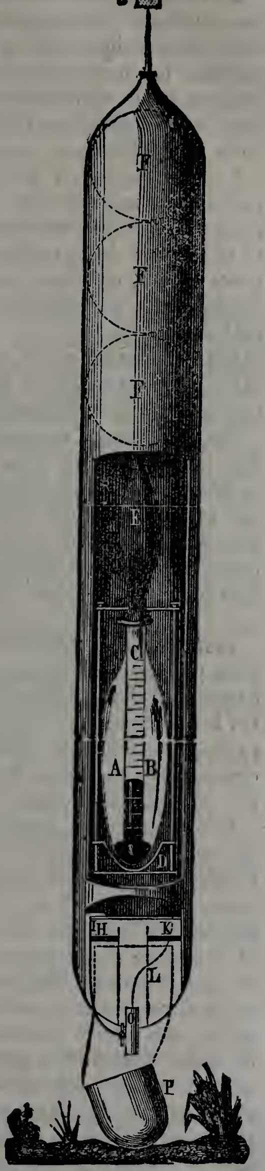


Fig. 7. — Bathomètre.

L'appareil de M. Siemens consiste en un tube d'acier évasé, en forme de coupe à ses deux extrémités, et suspendu dans une position parfaitement verticale. Ce tube est rempli de mercure. La coupe inférieure est fermée par un diaphragme en tôle mince d'acier, et le poids de la colonne de mercure est exactement compensé au centre du diaphragme par la force élastique de quatre ressorts d'acier en spirale, bien trempés, de même longueur que la colonne de mercure. La coupe supérieure est fermée par un couvercle percé d'un trou qui fait communiquer l'intérieur du tube d'acier avec un tube de verre, environ 2 millimètres de diamètre intérieur, enroulé en une spirale horizon-

tale un peu au-dessus du couvercle, en présentant une échelle dont les divisions indiquent des brasses ou des mètres.

L'extrémité supérieure du tube d'acier est munie d'un bouchon percé d'un trou de deux dixièmes de millimètre de diamètre, par lequel l'intérieur du tube communique avec la soupape supérieure, de façon à limiter autant que possible les oscillations de la colonne de mercure, dues aux mouvements du bateau; sur la surface du mercure, il y a une certaine quantité d'eau qui pénètre dans le tube spiral en verre et qui, lorsque l'instrument est à terre, au niveau de la mer, affleure en un point, marque zéro.

Lorsque l'appareil se trouve au-dessus d'une certaine profondeur d'eau, la pression du mercure sur le diaphragme diminuant, les ressorts d'acier forcent l'eau qui surnage sur le mercure à pénétrer plus avant dans le tube de verre, et le rapport de la surface des coupes terminales à la section du tube spiral en verre est tel, qu'à une élévation de un demi-millimètre de la surface supérieure du mercure, correspond un avancement de l'eau dans ce tube de 1,000 millimètres.

Cet instrument a été essayé; il a été fort utile pour retrouver l'extrémité du câble que l'on avait été obligé de couper pour fuir devant une tempête, et que la tempête elle-même avait fait perdre.

On peut encore se servir du bathomètre pour mesurer des hauteurs au-dessus du niveau de la mer; les indications ne sont pas affectées par les variations de la pression atmosphérique, lorsque les divisions de l'instrument représentent des mètres; quand il s'agit d'apprécier les profondeurs d'eau, elles ne représentent plus que des demi-mètres si l'on s'en sert pour apprécier des altitudes. Alors, outre la correction relative à la latitude, il faut aussi en faire une pour l'attraction locale des masses dominant le point considéré.

Instrument pour mesurer la marche des nuages. — La marche des nuages n'est pas toujours facile à estimer; leur vitesse très-variable, leur direction, etc., dépendent des couches d'air, dont l'état est très-changeant avec la hauteur. Un bon instrument, facilement maniable, qui permettrait de déterminer les principaux courants atmosphériques par l'intermédiaire des nuages, rendrait des services réels à la météorologie. Eh bien, cet instrument aurait été trouvé par le P. Carl Braun.

L'instrument en question est destiné à faciliter l'observation de la marche des nuages ainsi que celle des courants de l'atmosphère des hautes régions sur lesquels la girouette n'a pas de prise. Le seul appareil de ce genre que l'auteur connaisse, est dû à un jeune physicien distingué, M. Aimé, mort depuis longtemps; il n'était pas d'un emploi facile, celui du P. Carl Braun est plus complet et beaucoup plus commode; grâce à son prix peu élevé et à la rapidité de son emploi, il pourra être introduit dans toutes les stations météorologiques et contribuer, par ses indications, soit à l'étude des mouvements généraux de l'atmosphère, soit à la prévision du temps. Il se compose essentiellement d'une ligne de visée, déterminée par la croisée de deux fils rectangulaires horizontaux, et par une petite boule fixée au bout d'un bras de levier articulé. On dirige, par réflexion sur un petit miroir horizontal, cette ligne de visée vers l'image également réfléchie d'un nuage, en faisant varier la longueur du levier et l'orientation de l'appareil, qui tourne aisément autour d'un petit pivot vertical; puis on dirige le fil immobile de manière à suivre le nuage réfléchi dans son mouvement (l'anneau qui porte la croisée des fils peut tourner autour de son centre), et on lit sur le cadran d'une toute petite boussole placée au-dessus des fils la direction du fil mobile et, par suite, celle du nuage. En notant le temps employé par le nuage à parcourir ce fil, et en lisant sur une échelle verticale graduée la hauteur

de la petite boule, on obtient immédiatement, sans calcul, la vitesse horizontale du nuage, ou du moins un nombre qui donnera cette vitesse lorsque la hauteur du nuage sera connue. Il suffira, le plus souvent, de noter la nature du nuage (cumulus ou cyrrhus, etc.,) pour avoir une idée de la couche où il se meut, et alors l'instrument donnera immédiatement une idée de la vitesse absolue. En une minute, l'observateur fera aisément deux ou trois déterminations de ce genre, de manière à contrôler suffisamment ses résultats. L'instrument du P. Carl Braun semble appelé à combler une importante lacune dans notre système d'observations météorologiques,

XI. — Observatoire météorologique de Montsouris, à Paris,

Rapport de M. Marié-Davy.

Le type des observatoires météorologiques est celui de Montsouris, à Paris. La création de cet établissement remonte à quelques années seulement. Il n'a été régulièrement doté qu'à partir de 1871 ; la direction était confiée, jusqu'en juin 1872, à une commission présidée par M. Charles Sainte-Claire-Deville, lequel donnait tous ses soins à cette organisation. L'observatoire est situé près des fortifications et de la station du chemin de fer de Sceaux, correspondant au chemin de fer de Ceinture. L'édifice était tout construit, il ne s'agissait que d'effectuer son transport ; c'est le *Bardo* tunisien de l'exposition de 1867. Ce bâtiment est isolé sur une petite hauteur entourée d'un vaste terrain où sont installés des instruments pour les observations en plein air. M. Charles Deville ayant été nommé inspecteur général des stations météorologiques de France, l'observatoire de Montsouris fut rattaché à l'observatoire de Paris, et le service international des avis météorologiques adressés aux ports y fut transféré par M. Delaunay, alors directeur.

Les décrets du 13 janvier 1873, en consacrant l'indépendance de l'observatoire de Montsouris, sous la direction de M. Marié-Davy, ont rattaché, comme par le passé, le service des avertissements à l'observatoire de Paris.

L'administration de Paris décida, en avril 1876, que des études de météorologie appliquée à l'hygiène seraient faites dans les divers quartiers de la ville. L'observatoire de Montsouris fut chargé de se soin, avec une subvention.

Les travaux de cet observatoire se divisent en trois sections principales :

1° La météorologie proprement dite, s'étendant au magnétisme et à l'électricité, comprend :

La lecture des instruments d'observation directe installés dans l'établissement même ;

Le relevé des courbes tracées par les instruments enregistreurs ;

La discussion des résultats obtenus ;

2° L'analyse chimique de l'air et des eaux météoriques ;

3° L'étude microscopique des poussières organiques tenues en suspension dans l'air et dans les eaux météoriques ou destinées à l'alimentation.

Dans l'*Annuaire* de l'observatoire de Montsouris pour 1878 (1), nous voyons que le rapport sur les travaux accomplis dans le cours de l'année 1876-1877, a été partagé en deux parties :

La première partie comprend la description des instruments dont on se sert, et dont la collection ne sera complète que dans le courant de 1878.

(1) Paris. Gauthier-Villars, imprimeur-éditeur.

La seconde partie est consacrée à l'examen des résultats obtenus. La représentation graphique a été substituée aux chiffres parce que les diagrammes sont plus faciles à lire et saisissent davantage. D'ailleurs les nombres originaux se trouvent dans les *comptes-rendus* et dans le *Bulletin de Montsouris*, où l'on trouve les résultats horaires de la réduction photographique des courbes tracées directement par les enregistreurs.

Nous allons maintenant parler des instruments d'observations, en faisant un

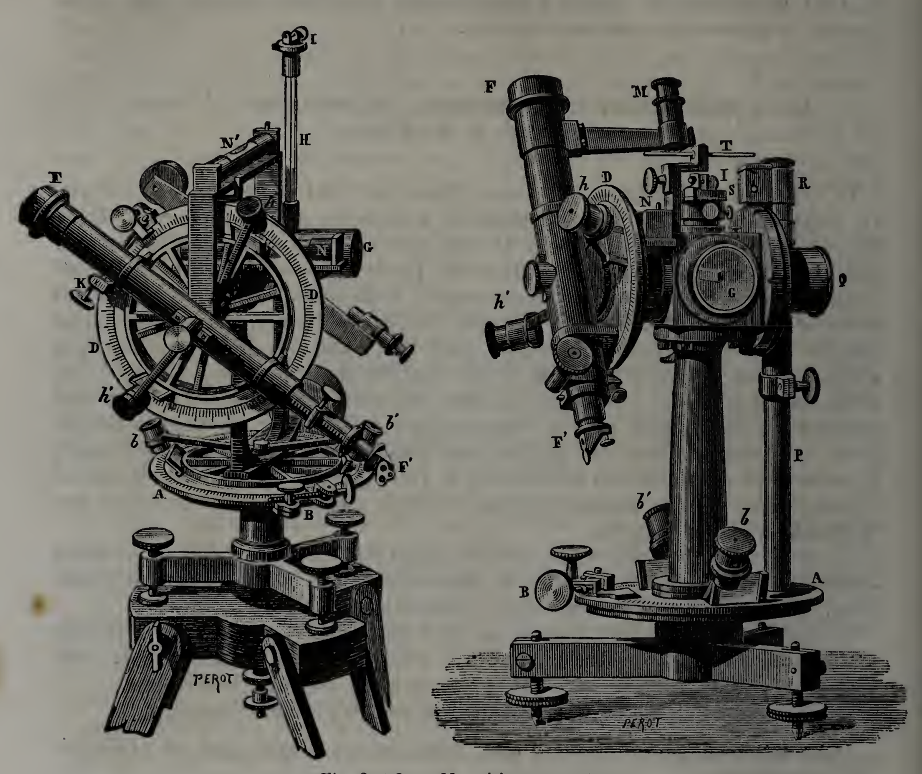


Fig. 8 et 9. — Magnétisme terrestre.

extrait du Rapport de Marié-Davy, et en nous servant des figures que nous devons à l'obligeance de M. Gauthier-Villars.

Magnétisme terrestre. — Parmi les instruments employés à Montsouris pour l'étude des magnétismes terrestres nous distinguons deux boussoles, l'une de *déclinaison absolue* de MM. Brunner ; l'autre *de voyage*, des mêmes constructeurs, donnant la déclinaison, l'inclinaison et l'intensité, fig. 8 et 9.

Un premier cercle gradué horizontal A, est porté par trois vis calantes ; un second cercle gradué D, vertical, est mobile autour de l'axe du premier ; il porte une lunette F F' et un microscope liés parallèlement et invariablement l'un à l'autre et mobiles autour de l'axe horizontal du cercle vertical. L'aiguille aimantée est suspendue dans la caisse G. Cette aiguille est un barreau d'acier prismatique ; aux extrémités duquel est incrusté un très-petit disque d'argent sur lequel un trait vertical est tracé.

La caisse cylindrique, dont l'axe contient le barreau suspendu, est en bronze purgé de fer, ainsi que tout l'appareil. Elle est fermée à ses extrémités par des glaces dont une est mobile; elle est surmontée par un tube H terminé en haut par une monture en bronze, dont une partie, pouvant tourner sur l'autre, est munie d'un petit treuil I auquel est attaché le fil de suspension de l'aiguille. Cette pièce tourne sur elle-même; elle est prise entre quatre vis de réglage opposées deux à deux; elle est destinée à corriger l'excentricité du point de suspension de l'aiguille. Ces instruments permettent de déterminer, sur le cercle horizontal, la trace du méridien terrestre et celle du méridien magnétique. L'écart de ces deux lignes est l'angle de déclinaison magnétique.

Quand on veut se servir de la boussole de voyage pour déterminer la déclinaison absolue, on enlève les pièces T et P.

La boussole des variations en déclinaison, représentée par la fig. 10, a été construite par M. Eichens.

Elle se compose d'une caisse en cuivre rouge montée sur une plaque de marbre, et dont les deux grandes faces latérales sont fermées par des glaces. Un tube de cuivre surmonte la caisse. La partie supérieure porte un tambour à pince B, gradué. A son centre est une tige à crémaillère et vis de serrage A à laquelle est suspendu le fil *f* de la boussole. L'aiguille aimantée est formée par un barreau d'acier de 96 millimètres de long sur 10 de haut et 2 d'épaisseur. On a aimanté régulièrement ce barreau au moyen de la pile électrique; il est fixé parallèlement à un miroir F portant le crochet de suspension, et se meut librement dans l'intérieur d'un anneau de cuivre rouge E, ayant 50 millimètres de hauteur et 7 d'épaisseur; sa fonction est d'amortir les oscillations du barreau, il porte un miroir G pour les reperages. Cette boussole est scellée sur un pilier en pierre de taille dans le pavillon magnétique. Un second pilier semblable au précédent est situé en face; on y a fixé une lunette ayant son axe optique dirigé sur le centre du miroir. Au pied de la lunette et transversalement est une règle horizontale divisée en millimètres. L'image des divisions de la règle, réfléchie par le miroir, est donnée par la lunette portant un fil vertical à son foyer. Quand le miroir est fixé, cette image l'est aussi; elle se déplace avec lui en décrivant un angle double de la déviation du miroir. La distance de la règle au miroir est de $1^{m},719$; elle a été déterminée de manière à ce que l'image avance de 1 division de la règle lorsque la déviation du miroir est de 1 minute d'arc. L'œil peut donc estimer les dixièmes de minute. Le nom de cet instrument indique qu'il peut suivre les plus petits mouvements de l'aiguille dans le plan horizontal; mais il ne peut fournir la décli-

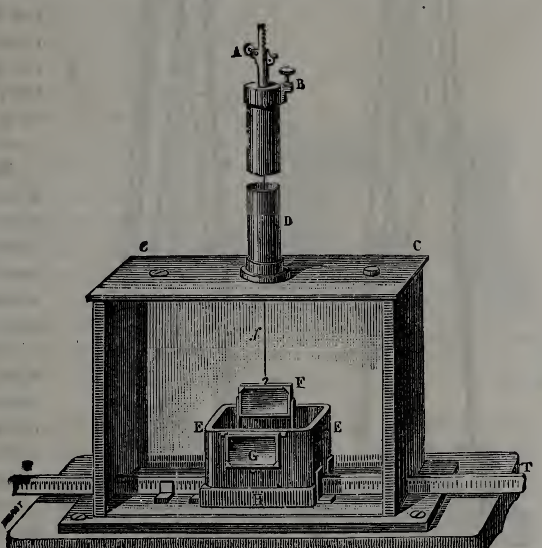


Fig. 10. — Boussole des variations en déclinaison.

naison vraie que si la position de son zéro a été exactement déterminée au moyen de la boussole de déclinaison absolue.

Cette boussole ne peut, par elle-même, accuser les perturbations auxquelles elle serait soumise. Il faut employer une seconde boussole semblable, mais soustraite aux influences à éliminer; on y a employé la boussole des variations de M. Salleron.

Déclinomètre enregistreur. — L'enregistrement des variations de la déclinaison se fait avec une boussole, fig. 11, construite par M. Salleron.

Le fil de suspension a été presque doublé de longueur. Les dimensions de la cage du barreau aimanté ont été réduites considérablement. Cette cage est toute en cuivre, excepté les ouvertures fermées par des glaces parallèles, placées de chaque côté du miroir circulaire, plan et parallèle au barreau.

Fig. 11. — Déclinomètre enregistreur.

Fig. 12. — Enregistreur des variations d'inclinaison.

Enregistreur des variations d'inclinaison. — L'enregistreur dont nous venons de décrire la boussole est analogue au déclinomètre, à quelques changements près dans la forme de la cage, fig. 12.

C'est une boussole à suspension bifilaire dont le barreau aimanté est situé dans le méridien magnétique. Deux barreaux de fer doux *f*, *f'* sont contenus chacun dans une enveloppe de cuivre; ils sont situés symétriquement de chaque côté, dans un plan vertical perpendiculaire au méridien magnétique. L'un est au-dessus du plan horizontal des barreaux; l'autre est au-dessous. Ces deux barreaux sont aimantés par la terre et agissent sur le barreau d'acier, chacun par un pôle. L'aimant mobile est dévié par ces actions; on le ramène dans le méridien par la torsion des fils de suspension.

Magnétomètre de Gauss, construit par M. Eichens. — Cet instrument est indépendant de la température du temps, (fig. 10). La longue règle que l'on voit est parallèle à l'aiguille. Un chariot à vernier se meut sur sa face supérieure; on peut y placer le barreau horizontalement, dans une direction perpendiculaire à la règle, ou au méridien magnétique. Le centre du barreau est alors dans le méridien de l'aiguille. Le barreau aimanté ayant son pôle nord à l'est, est placé au nord, à la distance D' du centre de l'aiguille, puis à la distance D'; il est ensuite transporté au sud à la même distance D, et à la distance D. On

retourne ensuite l'aimant bout pour bout et l'on revient à la distance D' au sud et à la distance D' au nord, en passant par les deux distances D intermédiaires. L'aiguille est déviée et oscille à chaque station du barreau. On fait une série de onze lectures des positions extrêmes, commençant à un écart de gauche pour finir à un autre écart de gauche. Pour chaque distance D ou D' on a donc à prendre la moyenne de quatre nombres dont chacun est le résultat de onze lecteurs. La durée d'oscillation du barreau déviant, mesurée au début, l'est aussi à la fin des opérations, et on prend la moyenne des deux durées obtenues.

Magnétomètre bifilaire. — Cet instrument accuse les variations de la composante horizontale. Celui de M. Eichens, fig. 13, est formé d'une cage et d'un barreau semblables à ceux de la boussole des variations en déclinaison, sauf que la règle de cuivre n'y est pas; le barreau est porté par deux fils distants de 5 millimètres et longs de 65 centimètres. Des petites lames de cuivre recourbées et larges de 5 millimètres remplacent le crochet de suspension du fil double et le crochet de suspension de l'aiguille et de son miroir. Le système des deux fils se tord, en tournant le bouton placé en haut: l'aiguille s'éloigne alors du méridien magnétique; la torsion est continuée jusqu'à ce que le barreau soit perpendiculaire à ce méridien. Il est donc en équilibre entre deux forces, celle de torsion et la force magnétique du globe agissant sur les deux pôles de l'aimant et perpendiculairement à sa direction. La force magnétique augmentant, le barreau est entraîné et le bifilaire se tord davantage. Dans le cas contraire, l'effet inverse a lieu. On lit la position variable de l'aiguille dans une lunette à échelle horizontale.

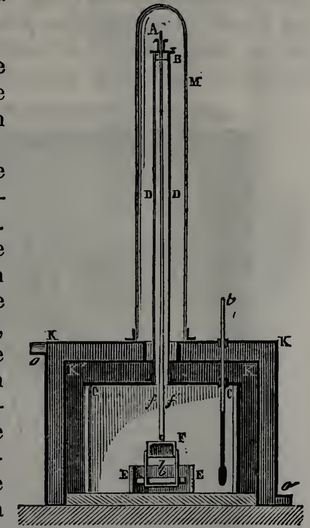


Fig. 13. — Magnétomètre bifilaire

Le *bifilaire enregistreur* est semblable au déclinomètre enregistreur, fig. 11. Le mode de suspension de l'aiguille et l'orientation diffèrent seuls. Ce bifilaire est placé dans la cave des enregistreurs magnétiques.

Boussole d'inclinaison absolue. — Cette boussole a été construite par les frères Brunner, fig. 14, p. 44.

Elle se compose d'un cercle gradué horizontal E E', porté par trois vis calantes. Sur son axe reposent le support de l'aiguille aimantée, la cage qui l'enveloppe et le cercle D des microscopes M, M , indiqué par son nombre.

L'aiguille aimantée S N est taillée en losange; elle est longue de 402 millimètres et a 1 millimètre 3 dixièmes d'épaisseur. Des pointes très-fines la terminent et on vise ces pointes avec les deux microscopes; les tourillons ont un diamètre plus petit que 1 millimètre; ils reposent sur des plans d'agate. Les microscopes sont mobiles autour de l'axe du cercle gradué vertical servant à mesurer leur inclinaison. Pour pouvoir viser l'aiguille pendant qu'elle oscille, les microscopes sont munis au foyer de l'objectif d'une lame de verre divisée en dixièmes de millimètres de chaque côté de la ligne centrale. Chaque intervalle de ce micromètre correspond à 2′ 20″, et peut être divisé à l'œil en dix parties; d'où il résulte que le pointage de l'aiguille peut être fait à près de $^7/_{10}$ minute. Le cercle gradué vertical mesurant l'inclinaison des microscopes, donne lui-même les 7/10 de minute.

Boussole des variations en inclinaison. — Cette boussole construite par les frères Brunner, est une véritable boussole d'inclinaison absolue, sauf que l'aiguille, portée par un couteau, ne peut pas être réaimanté en sens contraire.

Cette aiguille S N, fig. 15, est de même forme et de mêmes dimensions que l'aiguille à tourillons de la boussole d'inclinaison absolue. Les deux longs microscopes A A' servant à pointer les deux extrémités de l'aiguille sont mobiles sur un cercle gradué vertical C qui donne directement le dixième de minute. L'alidade qui porte ces microscopes peut ainsi prendre toutes les inclinaisons. Cette inclinaison étant donnée, le niveau D, mobile aussi autour du même axe, est fixé horizontalement pour empêcher les dérangements. Le support *P* de l'aiguille et celui des microscopes sont fixés sur une forte table de bronze E, mobile sur un cercle gradué M horizontal, porté par trois fortes vis calantes. Le plan de rotation de l'aiguille peut donc suivre toutes les variations de la déclinaison.

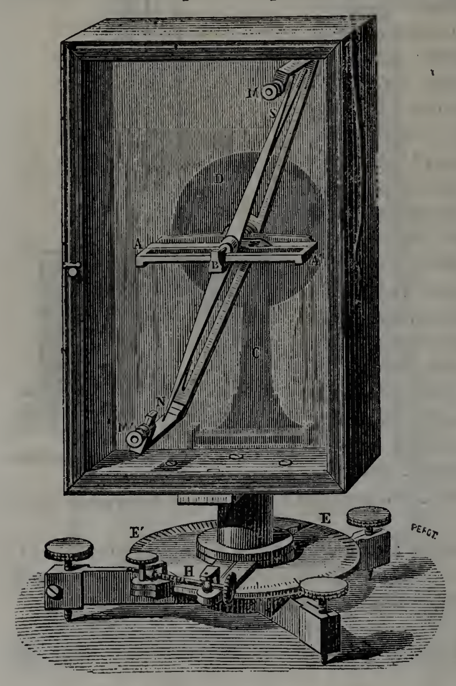


Fig. 14. — Boussole d'inclinaison absolue.

Électricité atmosphérique. — L'électricité de l'atmosphère se mesure avec des appareils nommés *électromètres*. L'instrument dont on se sert le plus souvent, pour les observations faites à poste fixe, est *l'électromètre Thomson*, modifié par M. *Branly*, fig. 16, p. 45.

Il est formé d'une caisse prismatique à base carrée, de 0m,18 de largeur et de profondeur sur 0m,28 de hauteur. Des glaces à faces planes forment les parties latérales. Le fond de la caisse est en bois et porté par trois vis calantes. La table supérieure est en caoutchouc durci (ébonite); elle porte au centre un tube de verre de 0m, 28 de hauteur, surmonté d'une douille en cuivre. Sur cette douille, tourne à frottement un tambour dont le fond, aussi en ébonite, porte une pince centrale à vis de ferrage. Quatre tiges de cuivre, fixées en haut, descendent verticalement dans la caisse, et portent à leur extrémité inférieure quatre secteurs séparés par un intervalle de 1 à 2 millimètres. Ces quatre secteurs forment un plan horizontal *m n* au-dessus duquel est suspendue, au moyen d'un fil fin de platine, une mince plaque d'aluminium taillée en forme de 8. Deux des secteurs placés en diagonale communiquent ensemble et avec l'autre pôle de la pile. Sous l'aiguille est un miroir plan très-léger, mobile avec elle. Une lunette avec une règle divisée fait suivre les moindres mouvements de l'aiguille. Celle-ci étant à l'état neutre, son axe coïncide avec une des lignes de séparation des secteurs; chacune de ses extrémités est moitié sur un des secteurs, moitié sur un autre. Dès qu'elle est chargée d'électricité, elle est attirée par un secteur et repoussée par l'autre; l'angle de son déplacement est proportionnel à sa charge électrique, et le sens de sa déviation donne de suite le signe de son électricité.

L'électromètre portatif, de Thomson, fig. 17, p. 46, étant chargé à l'avance, peut conserver sa charge pendant plusieurs semaines, en sorte qu'on se dispense d'emporter une pile dans les excursions.

Un plateau circulaire G est électrisé négativement à l'avance; il est percé d'une fenêtre carrée *p*, fermée par une petite plaque d'aluminium un peu plus petite que l'ouverture. Cette plaque est placée à l'extrémité du petit bras d'un levier de même métal, supporté par un fil de platine tendu horizontalement sous le plateau G. Les déplacements verticaux de la plaque inpriment à ce fil une torsion qui équilibre la force de ces déplacements. On mesure ceux-ci au moyen du prolongement du bras de levier au-delà du fil de suspension jusqu'à portée de la loupe *l*. Un second plateau A, disposé au-dessus du premier *G*, est isolé et mis en communication par le fil γ avec le collecteur d'électricité; il est mobile dans le sens vertical au moyen d'une vis micrométrique c. Le plateau A chargé agit sur le plateau G fixe et sur la plaque mobile *p*. Si *p* et G sont ramenés sur le même plan par l'action de A sur *p*, cette action est constante et la charge A se mesure par la distance qui sépare les deux plans A et G. On charge le plateau *G* en débouchant un orifice F; on y introduit une tige métallique terminée en pointe et passant à travers un tube de verre, pour l'isoler de la table traversée, mais communiquant par sa base avec le plateau G. On passe alors au-dessus de la pointe une plaque d'ébonite électrisée. Le plateau G l'électrise négativement; pour accroître son isolement, il y a en *P* un morceau de pierre ponce imbibé de quelques gouttes d'acide sulfurique. Le tout est contenu dans un

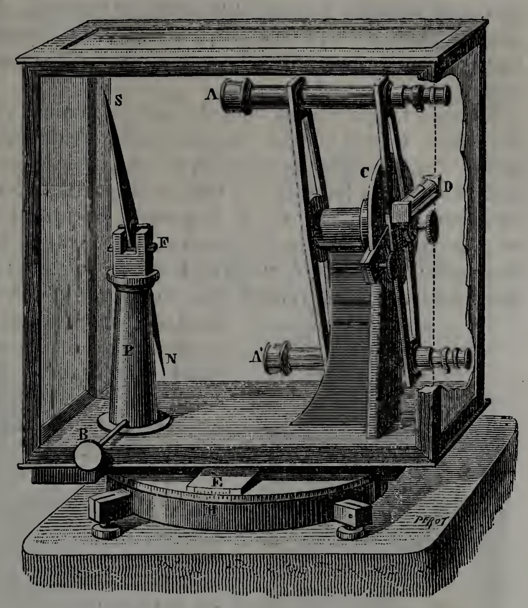


Fig. 15. — Boussole des variations en inclinaison.

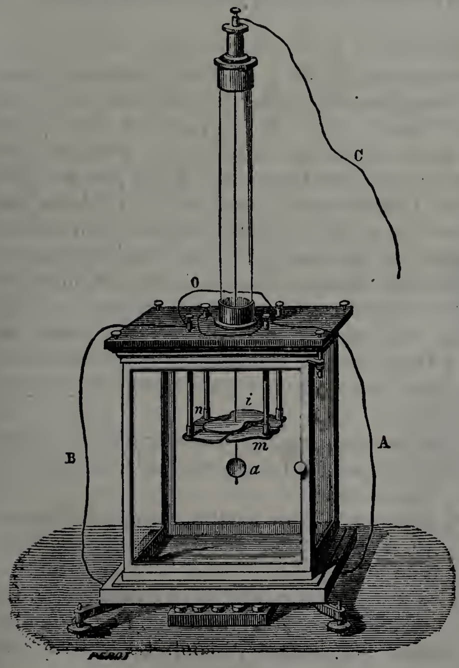


Fig. 16. — Électromètre.

récipient en verre formant une sorte de bouteille de Leyde dont le disque G avec son rapport sont l'armature intérieure, la monture extérieure de l'appareil formant l'autre armature. La valeur de l'instrument dépend de la qualité de ce verre.

Lorsque l'appareil est chargé, on opère ainsi qu'il suit : Le chapeau D a une ouverture à son centre; on y introduit l'extrémité inférieure E d'une tige de cuivre dont l'extrémité supérieure est munie d'une mèche en ignition. On tient l'électromètre à la main, on met la loupe *l* à la hauteur de l'œil et on abaisse le chapeau *D*. La tige et le plateau A communiquent alors ensemble ainsi qu'avec la main qui tient l'appareil. On tourne le bouton C pour faire monter ou descendre le plateau A jusqu'à ce que la queue du levier mobile, vue à la loupe *l*, soit au niveau d'un repère fixe. On lit sur le cercle divisé placé au-dessous du bouton C la position exacte du disque. Cette opération donne le zéro actuel de l'instrument; puis on soulève le chapeau *D*; le collecteur ne communiquant plus avec le sol donne au plateau *A* le potentiel de la couche d'air dans laquelle brûle la mèche. La queue du levier de *p* quitte son repère; on tourne alors le bouton *C* jusqu'à ce que l'extrémité du levier revienne à son repère et on lit la nouvelle distance qui sépare A de G. La variation de cette distance mesure le potentiel cherché quelle que soit la charge de G, pourvu que cette charge ne change pas pendant la durée de l'expérience : on s'en assure en abaissant le chapeau D et refaisant la lecture du point de départ. Si le zéro a changé, on répète l'expérience et l'on prend des moyennes.

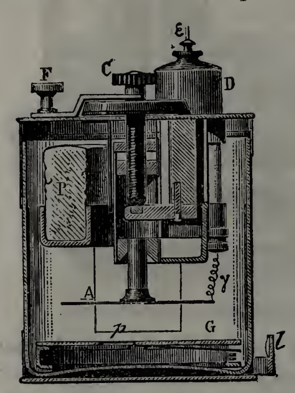


Fig. 17. — L'électromètre portatif.

L'*électromètre enregistreur* de Montsouris, construit par M. Salleron, est à indication continue, fig. 18, p. 47. Il est double et chaque partie est composée d'une lame d'aluminium suspendue par un fil de platine et mobile au-dessus de quatre secteurs chargés par la même pile. Les deux fils de platine sont reliés tous les deux au même collecteur d'électricité ; mais les deux électromètres sont réglés de telle sorte que l'un d'eux soit dix fois plus sensible que l'autre. Les rayons émanés d'une même source lumineuse et réfléchis par les deux miroirs, viennent tomber sur un même cylindre recouvert d'un papier photographique et mis en mouvement par une horloge. L'un des électromètres accuse les variations magnétiques pendant les beaux temps. Quand le potentiel électrique est trop élevé pour être enregistré par le premier électromètre, il est accusé par le second qui, jusque-là, avait décrit une ligne presque droite ou très-faiblement ondulée. Toutes les trois heures, l'électromètre est déchargé pendant quelques minutes pour enregistrer son zéro sur le papier photographique.

Pression atmosphérique. — Le *baromètre* employé aux observations courantes, est du système Tonnelot à un seul pointé. La cuvette est très-large; sa section est 100 fois plus grande que celle du tube.

Enregistreur barométrique de M. Bréguet. — Les parties principales de cet instrument sont représentées dans la fig. 19, p. 47. Il est du système Vidi à quatre boîtes D. On enregistre sur une feuille de papier glacé, noircie au noir de fumée, et enroulée sur le pourtour du cylindre mu par un mouvement d'horlogerie. La courbe, tracée en blanc sur un fond noir, est fixée par l'immersion de la feuille dans une dissolution très-faible de gomme laque dans l'alcool. Cet instrument a été modifié et complété par M. Bréguet.

La lame de ressort *e* a été remplacée par un bras de levier soutenu par un ressort en hélice : de plus, un électro-aimant trace sur le papier noirci une ligne de repère avec indication des heures. Ce baromètre est très-sensible aux changements de pression, si le vide est complet dans la boîte; pour le compenser, il

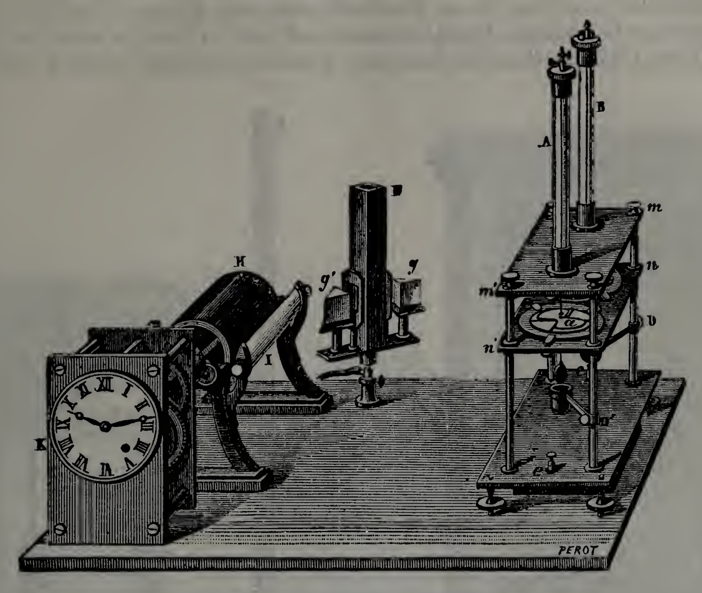


Fig. 18. — L'électromètre enregistreur.

faut y laisser de l'air à une pression assez élevée et déterminée par expérience. Dans ces conditions, sa marche est régulière.

Baromètre enregistreur Rédier. — M. Rédier applique aux instruments les plus divers, l'idée très-ingénieuse de son équipage différentiel de deux mouvements d'horlogerie agissant en sens inverse l'un de l'autre. Ce baromètre, fig. 20, se compose d'un baromètre à siphon A, dont la courte branche est librement ouverte. Un flotteur très-léger appuie sur le mercure de cette branche ; il est surmonté par une mince tige d'acier sur laquelle repose un levier terminé à son extremité par un crochet dont la pointe est dirigée en bas. Le diamètre du tube ouvert à siphon est le même que celui de la chambre barométrique. Pour une baisse de 1 millimètre du baromètre, le flotteur monte de $^1/_2$ millimètre ; au contraire, le cercle dont la course est doublée, donne millimètre pour millimètre.

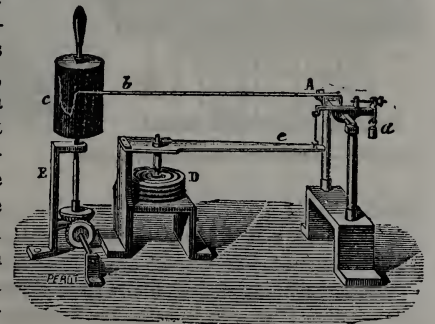


Fig. 19. — Enregistreur barométrique de M. Bréguet.

L'appareil est muni de deux mouvements d'horlogerie ; le mouvement supérieur *c* est constamment en marche ; il soulève progressivement le support et le tube barométrique. La vitesse ascendante du support doit être plus grande que

la vitesse maxima de la variation du baromètre dans les tempêtes ou à l'approche des trombes. Le mouvement inférieur D n'a pas de balancier; celui-ci est remplacé par un volant très-léger, mis en arrêt par le crochet du levier horizontal. Ce volant devenant libre, le second engrenage fait descendre le support du baromètre, avec une vitesse double de celle de la montée du même support produite par le premier. Quand ils marchent tous les deux, le tube barométrique descend comme il monte lorsque le premier engrenage marche seul. Si le

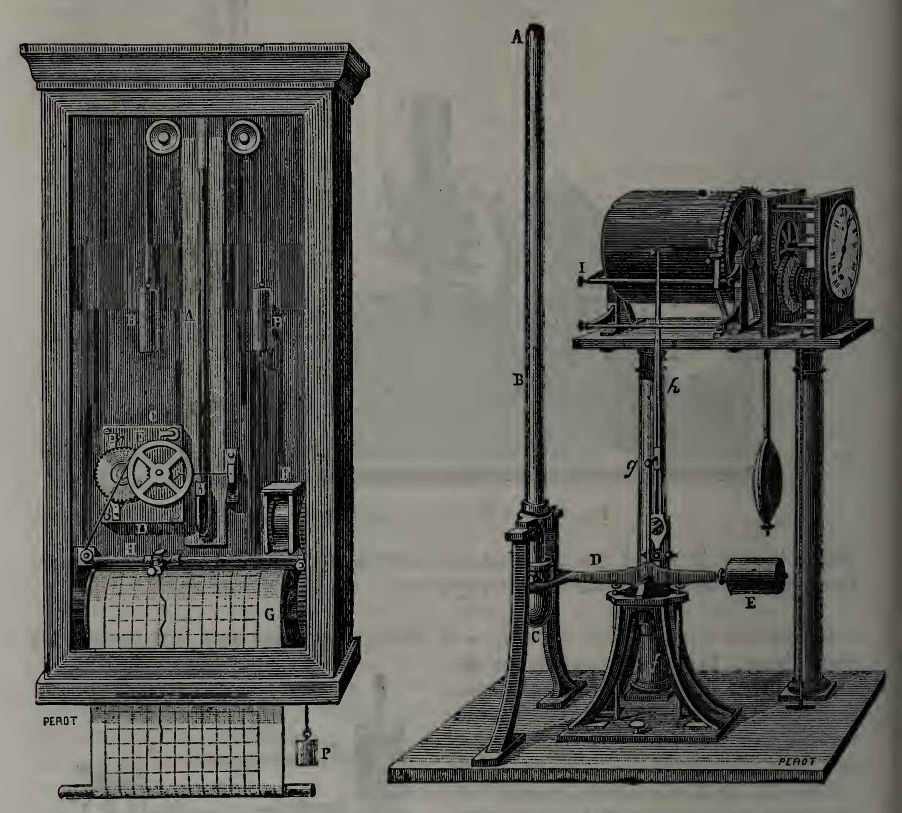


Fig. 20. — Baromètre enregistreur Rédier. Fig. 21. — Baromètre-balance.

crochet retient le volant, le premier engrenage fonctionne seul; le tube barométrique et son flotteur montent ainsi que le levier; à un moment donné le volant devient libre; c'est alors que le second engrenage fait descendre tout le système jusqu'à ce que le crochet arrête le volant. Le mercure de la branche ouverte est ainsi continuellement ramené au même niveau, et les oscillations se montrent par une montée ou une descente correspondante du tube et de son support. Ce dernier est relié avec une poulie E qui suit tous ses mouvements, et sur la gorge de laquelle s'enroule un fil de soie fixé à un porte-crayon, et dont l'extrémité libre est tendue par un poids P. Le porte-crayon est mobile sur une tringle horizontale, parallèlement à un cylindre G, sur lequel est enroulée une feuille de papier quadrillé. Un troisième mouvement d'horlogerie F fait régulièrement dérouler ce papier. Ce même système a été appliqué par M.

Rédier au thermomètre, au psychromètre, à l'hygromètre, à l'évaporomètre-balance, à l'électromètre.

Baromètre-balance. — L'enregistreur type de Montsouris est le baromètre-balance, construit par M. Salleron, fig. 21.

De même que pour l'enregistreur Rédier, ce baromètre n'est à peu près soustrait à l'influence de la température, que si le tube barométrique est du même

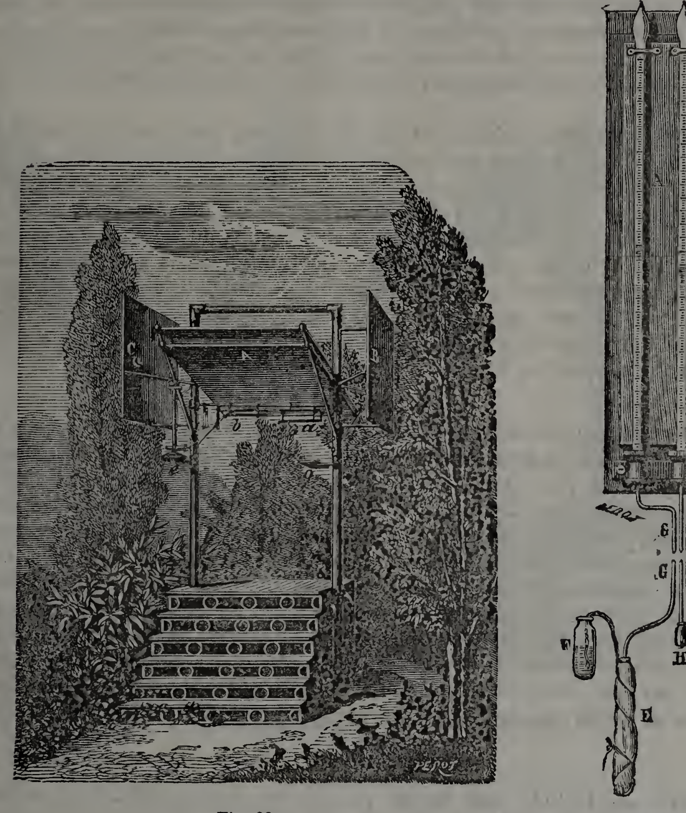


Fig. 22.
Abri des thermomètres fixes.

Fig. 23.
Thermomètre et psychromètre Salleron.

calibre dans toute sa longueur. Le tube est en fer embouti; il est fixe; son diamètre interne est de 3 centimètres. La cuvette est large en proportion et les forces capillacrées y sont négligeables, comme dans le tube lui-même. Cette cuvette C est suspendue à l'une des extrémités d'un fléau de balance D, dont l'autre extrémité est munie d'un contre-poids E. Lorsque l'abaissement du baromètre est de 1 millimètre, 9 grammes, 6 décigrammes de mercure descendent dans la cuvette. Celle-ci s'abaisse; le plongeur sort du mercure d'une quantité correspondante, et le niveau du mercure dans la cuvette reste constant. Si la section S′ du plongeur est égale à la section S du mercure dans le tube, la cuvette descend de 1 millimètre. Ces déplacements se transmettent à l'aiguille *h* qui les inscrit en une courbe continue sur le cylindre *k*.

Température de l'air à l'ombre. — Abri des thermomètres fixes. — L'air est transparent pour les rayons de chaleur lumineuse émis par le soleil, qui peuvent le traverser sans l'échauffer directement d'une manière sensible. Tous les corps opaques exposés à ces rayons s'en assimilent, au contraire, une partie notable qui élève leur température au-dessus de celle de l'air ambiant. Il en résulte que le jour, tous les thermomètres tendent à marquer un degré un peu plus haut que l'air environnant. C'est pourquoi on abrite les thermomètres, sans oublier toutefois, que les abris sont aussi sujets au même effet. L'emploi du thermomètre frande, a été conseillé par Arago pour éviter ces inconvénients; en imprimant un mouvement de rotation au thermomètre attaché à une ficelle, l'instrument est mis en contact avec une masse d'air qui se renouvelle promptement; ce qui réduit considérablement l'écart entre les températures de l'air et du thermomètre.

Les thermomètres fixes installés par M. Ch. Deville, sont sous un toit A à double paroi, fig. 22, de 1 mètre carré environ d'étendue, et légèrement inclinée au-dessus de l'horizon du côté du sud. Deux plaques de tôle un peu écartées B et E, et des arbustes verts disposés alentour, à l'exception du côté nord, servent à abriter les instruments et le sol lui-même des rayons du soleil. A l'observatoire de Greenwich, le toit plus étendu est horizontal, mais surmonté d'un second toit de forme ordinaire. A Kew, les instruments sont dans une grande cage, dont les côtés sont formés par des lames de bois disposées en forme de persiennes; le fond de la cage est complétement ouvert. L'installation de Montsouris est généralement adoptée en France et en Algérie.

Thermomètre et psychromètre Salleron. — Le thermomètre enregistreur a toujours été comparé à un thermomètre à mercure ordinaire placé à côté. Pour rendre la comparaison plus facile, M. Marié-Davy a joint au thermomètre ordinaire un thermomètre Salleron, fig. 23. Le réservoir de ce thermomètre est formé par un tube de cuivre nickelé, mais l'alcool peut se répandre librement dans un tube capillaire gradué à la manière d'un thermomètre ordinaire. Le réservoir D est uni au tube thermométrique par un long tube capillaire de cuivre GG', qui permet de placer le réservoir au dehors et le tube divisé C à l'intérieur. Il faut corriger les indications de l'instrument de la dilatation du liquide contenu dans le tube de jonction; on y parvient au moyen d'un second appareil HB, en tout semblable au premier, sauf qu'il n'a pas de réservoir et que, réduit à la partie susceptible de corrèction, il fournit directement cette correction.

Actinométrie. — L'étude des rayons solaires et des modifications qu'ils éprouvent de l'atmosphère qu'ils traversent pour nous arriver, constitue l'actinométrie.

Actinomètres à thermomètres conjugués. — L'actinomètre employé à Montsouris se compose, fig. 24, de deux thermomètres à mercure aussi semblables que possible et à réservoir sphérique. L'un des réservoirs a été noirci au noir de fumée; l'autre est nu. Ces thermomètres sont renfermés dans une enveloppe de verre où le vide est fait, ils sont placés l'un à côté de l'autre, à 2 mètres environ du sol gazonné, et loin de tout abri. Les deux enveloppes sont donc à la même température; mais les deux thermomètres sont d'accord dans l'obscurité seulement. Dès que le jour survient, même lorsque le ciel est entièrement couvert, le thermomètre à boule noire B marque toujours une température T plus élevée que celle t du thermomètre à boule non noircie A. La première

approximation du degré actinométrique est donnée par la différence T — *t*. Pour être indépendant des conditions propres à chaque instrument et variables avec lui, on a pris pour unité la centième partie des rayons arrivant perpendiculairement aux limites supérieures de l'atmosphère, et on détermine le cœfficient de réduction à cette unité des indications de l'instrument.

Actinomètre thermo-électrique et polarimètre de M. Duboscq. — M. Desams a constaté que la vapeur d'eau agit sur les rayons solaires comme agirait la même quantité d'eau à l'état liquide. Il en conclut la possibilité de mesurer, au moyen de la pile thermo-électrique, la quantité de vapeur contenue dans toute

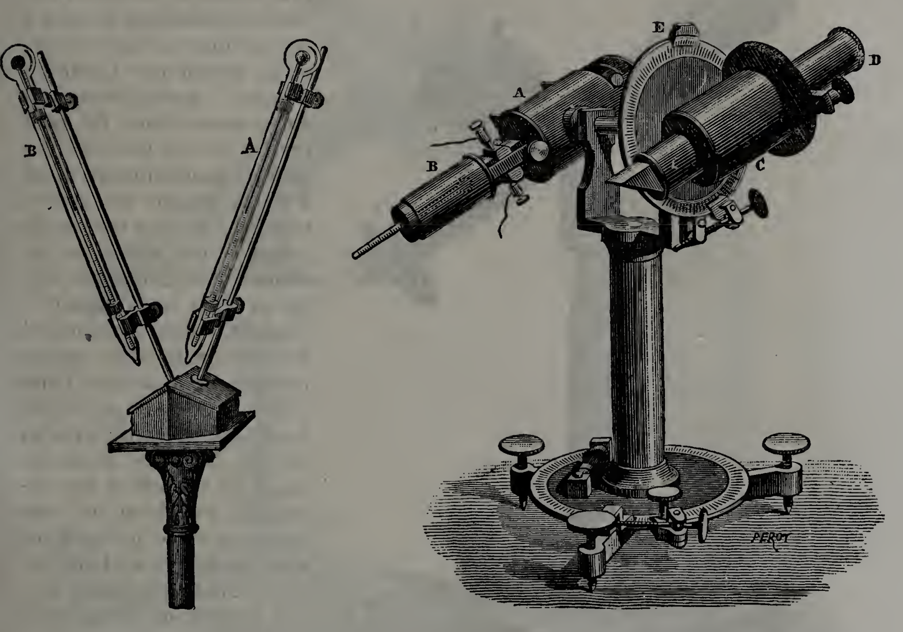


Fig. 24.
Actinomètres à thermomètres conjugués.

Fig. 25.
Actinomètre thermo-électrique et polarimètre.

l'épaisseur de la couche atmosphérique, alors que l'hygromètre marque seulement celle qui est contenue dans la couche d'air en contact avec l'appareil.

Le pied de l'instrument, fig. 25, porte trois vis calantes; il est muni d'un premier cercle horizontal, indiquant les azimuts. La colonne verticale porte à sa partie supérieure un axe horizontal avec un cercle gradué E, pour mesurer les hauteurs. Les deux extrémités de ce second axe sont terminées chacune par un cylindre de cuivre A et C, pouvant recevoir divers instruments. C'est dans l'un de ces cylindres A que sont fixées la pile thermo-électrique et sa monture.

Cette pile est garnie à ses deux extrémités de deux tubes de cuivre d'un même diamètre. L'un d'eux B, est fermé par un bouchon de liège, traversé par la tige d'un fort thermomètre à mercure, dont le réservoir sphérique noirci au noir de fumée a un diamètre presque égal à celui du tube. Ce thermomètre forme la surface rayonnante vers l'une des faces de la pile, et sa température est notée à chaque observation. L'autre face est dirigée soit vers le soleil, soit vers un point quelconque du ciel ou de la surface terrestre. La pile est graduée de

manière à faire connaître la température d'une surface, qui rayonnant comme le noir de fumée, enverrait à la pile la même somme de chaleur que le point de l'espace vers lequel elle est dirigée.

Pour l'étude des radiations solaires et du ciel pendant le jour, le thermomètre du second cylindre C est remplacé par le cyanomètre d'Arago ; il fait connaître par comparaison avec la pile, la quantité de vapeur vésiculaire ou de poussière contenue dans l'air. L'appareil D de la figure est un polarimètre.

Pour l'étude de la vapeur d'eau à l'état gazeux, on a interposé en avant de la pile une auge remplie d'eau distillée, et dont l'épaisseur peut varier au moyen d'une vis micrométrique de zéro à 30 millimètres de hauteur, et au besoin par l'addition d'auges complémentaires d'épaisseurs fixes. On peut arriver ainsi à rendre constante la quantité totale d'eau à l'état liquide ou gazeux traversée par les rayons du soleil, et des variations du volume d'eau, déduire celles du poids de la vapeur.

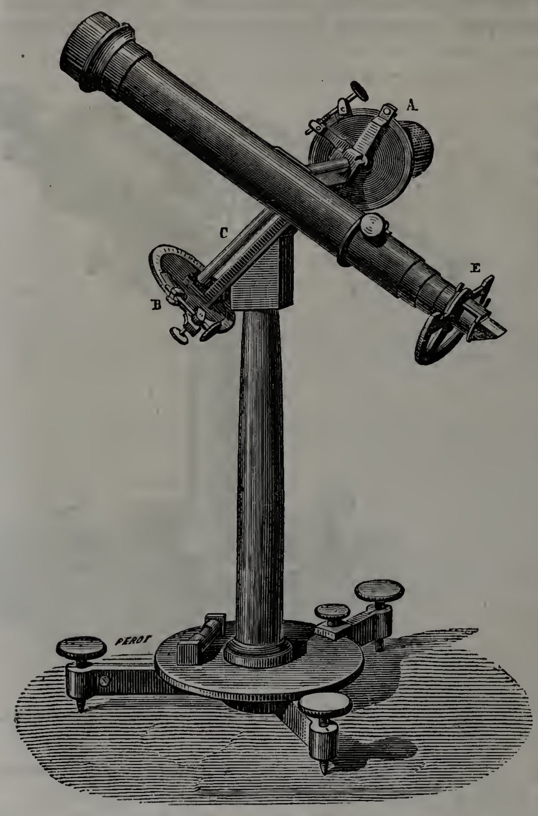


Fig. 26. — Cyanomètre.

Le *cyanomètre* a pour but de mesurer le degré de coloration bleue du ciel. Celui d'Arago, construit par M. Duboscq, est représenté par la fig. 26. Le corps de la lunette est terminé à son extrémité antérieure par une plaque de verre opalin blanc, destinée à diffuser la lumière solaire. Cette plaque est mobile autour de l'axe de la lunette ou autour d'un second axe perpendiculaire au premier, afin de régler à volonté l'intensité de la lumière envoyée par la plaque. Un polarisateur se trouve en C ; il est mobile sur un cercle fixé au moyen d'un bras passant dans une échancrure du corps de la lunette. En arrière, est un diaphragme qui peut à volonté être libre ou recouvert à moitié par un parallélipipède à réflexion totale. L'oculaire est constitué par une loupe, d'un quartz parallèle à l'axe et donnant le bleu, d'un prisme biréfringent dont l'axe est incliné à 45 degrés sur celui du quartz parallèle, enfin d'un prisme à réflexion totale, pour observer lorsque la lunette est dirigée vers le zénith.

Photomètre d'Arago. — La transparence de l'air peut encore être étudiée avec le photomètre d'Arago. Celui qui est représenté ici, fig. 27, se compose d'une petite lunette parallactique, dans laquelle est placé un prisme de Foucault, un peu en avant du foyer principal de l'objectif. L'image des objets

extérieurs est alors polarisée dans un plan vertical. Un prisme biréfringent mobile sur un cercle gradué, se trouve en avant de l'oculaire ; il donne deux images de l'objet. Cette lunette peut encore donner l'éclat relatif du soleil, soit en le comparant à l'éclairement des parties voisines de l'atmosphère, soit en le comparant à l'éclairement total de la voûte céleste.

Humidité de l'air. — Pluie. — Psychromètre ordinaire. — Le psychromètre fig. 28, est préféré dans les observatoires. Il se compose de deux thermomètres semblables, dont l'un est à réservoir nu, et l'autre est enveloppé d'une

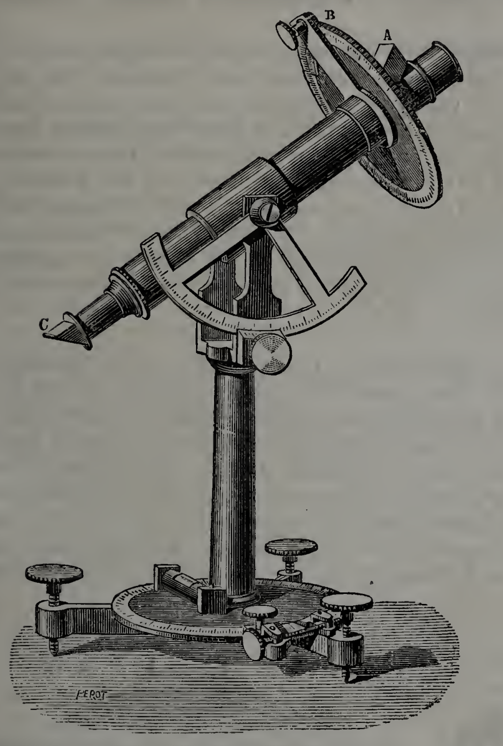




Fig. 27. — Photomètre d'Arago.

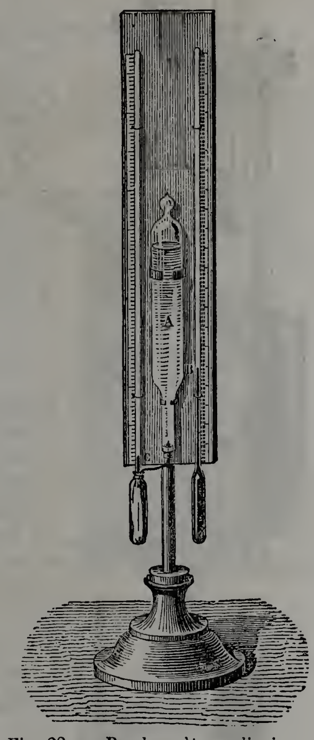


Fig. 28. — Psychromètre ordinaire.

gaîne de mousseline humectée avec de l'eau filtrée. Les deux thermomètres sont placés parallèlement et à peu de distance l'un de l'autre. Chaque observation donne les températures du thermomètre sec et du thermomètre mouillé. Des tables permettent d'en conclure la tension de la vapeur d'eau contenue dans l'air, l'état hygrométrique de cet air, la température du point de rosée. Le vase A placé entre les deux thermomètres, sert à conserver l'humidité du thermomètre mouillé avec lequel il communique au moyen d'une mèche de coton.

Hygromètre à condensation de M. Regnault. — L'hygromètre de Regnault, fig. 29, est formé de deux tubes de verre terminés à la partie inférieure par des godets en argent très-minces et bien polis : l'un d'eux F contient un thermomètre qui donne la température de l'air ; l'autre E renferme de l'éther, dans

lequel plonge un thermomètre et deux tubes de verre, l'un s'arrêtant au sommet du tube et par lequel se fait l'aspiration de l'air, l'autre plongeant dans l'éther et servant à l'entrée de l'air. Cet air mis en mouvement par un petit aspirateur, traverse l'éther qu'il vaporise et refroidit. On arrête l'action quand une légère buée se dépose sur l'argent. On note la température indiquée par le thermomètre B. Au bout de quelques instants, la buée disparaît, et on note encore la température de B. Ces deux températures doivent très-peu différer. Leur moyenne est la température du point de rosée.

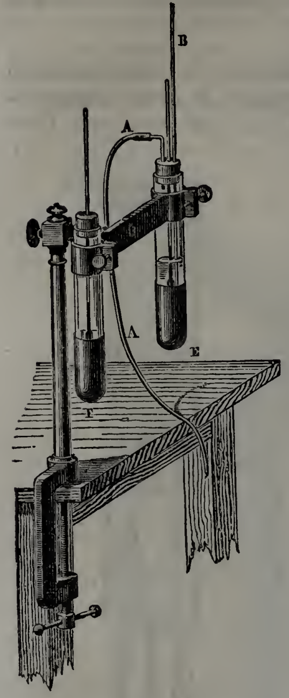


Fig. 29. — Hygromètre à condensation de M. Regnault.

Udomètre enregistreur. — Un udomètre destiné à l'enregistrement des pluies est représenté, fig. 30. Dans le cylindre P, communiquant avec le récepteur par un tuyau souterrain, se trouve un flotteur dont la tige engrène avec une roue dentée. Un colimaçon *d* est fixé sur l'axe de cette roue, sur son pourtour appuie l'aiguille indicatrice *b*. Lorsque l'aiguille est en haut du cylindre, elle retombe pour recommencer une nouvelle excursion. Un robinet de vidange placé au point le plus bas, permet de nettoyer l'appareil.

Evaporomètre. — L'évaporation de l'eau produite à l'air libre, dépend d'une foule de causes dont il est bien difficile de tenir compte. Mais on peut se proposer de suivre les variations subies en un même lieu, par le pouvoir évaporant de l'air, ou de mesurer les effets produits dans un même canton par les influences physiques. Plusieurs évaporomètres sont en usage à Montsouris; nous reproduirons la description de celui de Delahaye fig. 31, qui est un évaporomètre

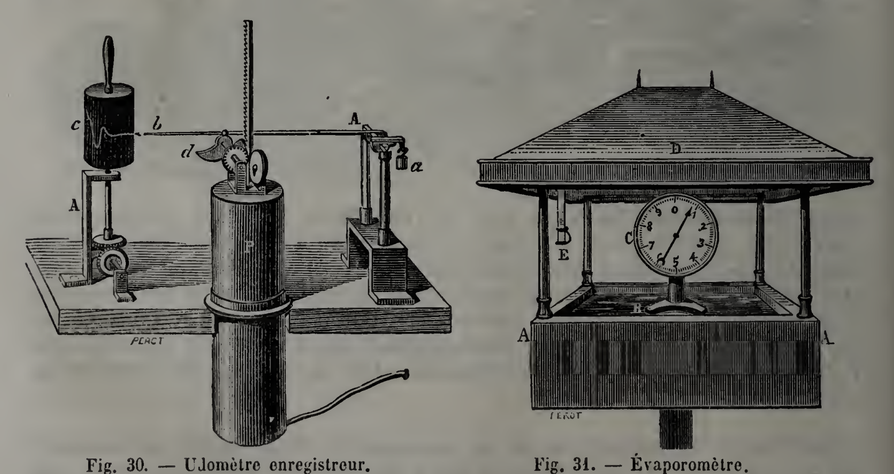


Fig. 30. — Udomètre enregistreur. Fig. 31. — Évaporomètre.

ordinaire à surface d'eau libre. C'est un bassin rectangulaire de 25 centièmes de mètre carré, renfermant une couche d'eau de 10 centimètres environ de

hauteur, sur laquelle repose un flotteur dont la tige commande une aiguille mobile sur un cadran. Cette aiguille accuse les centièmes de millimètre dans la variation du niveau de l'eau. Le tout est couvert par un petit toit ayant un 1/2 mètre de superficie, distante de 30 centimètres des bords du bassin. Cet instrument est placé dans un espace découvert à 1 mètre du sol.

Anémomètres. — Divers procédés sont employés à Montsouris pour mesurer la direction et la force des vents. Nous nous contenterons de reproduire ici, fig. 32, la plate-forme du mât des anémomètres de cet observatoire.

XII. — Observatoire météorologique du Puy-de-Dôme.

Le Puy-de-Dôme est célèbre depuis Pascal; c'est là que, d'après ses indications, son beau-père Périer reconnut que l'air était pesant, la colonne de son baromètre diminuant de hauteur à mesure qu'il s'élevait sur la montagne.

La proposition d'établir un observatoire météorologique au sommet du Puy-de-Dôme fut faite par M. Alluard, professeur de physique à la Faculté des sciences de Clermont-Ferrand. La montagne a 1468 mètres de hauteur au-dessus du niveau de la mer. Son sommet dépasse de 300 mètres tous les autres sommets volcaniques environnants. Sa distance à la ville de Clermont est de neuf kilomètres.

L'observatoire météorologique organisé au sommet du Puy-de-Dôme, a été inauguré le 22 août 1876, à l'occasion de la cinquième session de l'Association française pour l'avancement des sciences. Il est superflu de dire que le personnel scientifique présent au congrès de Clermont-Ferrand, était nombreux et varié.

L'observatoire se compose de deux parties; la station de la montagne et la station de la plaine, reliées par un fil télégraphique. La station de la plaine est installée dans une tour carrée, assez rapprochée de la Faculté. Un aide-physicien y habite. Les étages supérieurs à la terrasse qui surmonte la tour, sont occupés par des enregistreurs divers et des appareils télégraphiques communiquant avec la station de la montagne, que l'on voit quand il n'y a pas de brouillard.

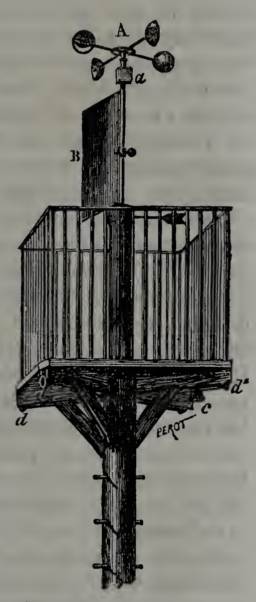


Fig. 32. — Anémomètres.

Cette dernière station comprend une tour circulaire située au sommet du Puy-de-Dôme; elle est reliée par une galerie souterraine qui fait communiquer avec l'habitation du gardien placée à 15 mètres au-dessous et abritée des vents. Cette maison renferme des salles à l'usage des savants qui seront disposés à faire des recherches. La tour comprend un étage souterrain entouré d'un corridor pour l'assainir; cette partie communique par une galerie à la maison d'habitation. Un escalier la réunit à la partie aérienne, comprenant un rez-de-chaussée et une plate-forme garnie de gazon. Le rez-de-chaussée reçoit le jour par quatre fenêtres orientées suivant les points cardinaux. Les appareils thermométriques et hygrométriques en plein vent, sont abrités des rayons solaires.

Le pavillon météorologique est terminé par une terrasse gazonnée, d'où l'on a une vue superbe.

Cette organisation permet de faire des observations simultanées dans la plaine et sur la montagne. On pourra étudier ainsi les rayons solaires, comparativement sous le rapport des actions de la lumière, du calorique et des combinaisons chimiques.

Le département du Puy-de-Dôme et la Ville de Clermont-Ferrand ont contribué aux dépenses de la construction de l'établissement et de l'achat des instruments. Le conseil général s'intéressa à cette création, et l'observatoire a été déclaré établissement départemental. Le système des observations a commencé régulièrement.

Ainsi, outre l'observatoire météorologique de Montsouris, à Paris, qui fonctionne d'une manière permanente, la France en possède un autre en Auvergne à une altitude convenable.

Observatoire météorologique du pic du Midi — Nous possédons encore un observatoire dans les Pyrénées, et on peut dire, avec M. Ch. Sainte-Claire Deville, que cette position demandait impérieusement une création du même genre. Le pic du Midi de Bigorre réunit toutes les conditions favorables. Il est situé vers le milieu de la chaîne qui, de la Méditerranée à l'Océan, domine les vastes plaines de la Gascogne. Le pic du Midi se détache en avant de la crête générale, et s'élève à une altitude de 2,877 mètres, inférieure seulement de 527 mètres au point culminant de la chaîne. Là est l'un des plus beaux panoramas de l'Europe. Placé au centre des établissements thermaux des Pyrénées, à quatre heures de Barèges, à six heures de Bagnères-de-Bigorre, il est facilement accessible. On pourrait, à peu de frais, y tracer une route de voiture.

Nous voyons, dans un rapport du savant académicien que nous venons de nommer et dont le monde savant regrette la mort prématurée, qu'en 1854, une société de Bagnerais fonda au *col de Sencours* (cinq ours), au pied du pic et à 511 mètres plus bas, sur un monticule situé immédiatement au-dessus du lac d'Oucet, qui en baigne la base, une hôtellerie, destinée à recevoir d'abord les touristes, et composée de deux solides corps-de-logis, avec leurs dépendances. C'est cette hôtellerie que la société Ramond a eu la pensée d'utiliser provisoirement pour un observatoire météorologique, en attendant que l'État lui facilitât les moyens de l'établir à la cime même du pic. Le 1er août 1873, on installa au col de Sencours un petit matériel complet de météorologie; un observateur y fut maintenu pendant soixante-dix jours. Cette première campagne fut limitée au 1er octobre, à cause du manque de fonds et de moyens d'hivernage.

Grâce aux souscriptions recueillies, le 1er juin de l'année suivante, l'observatoire fut organisé. M. le général de Nansouty, président de la commission Ramond, MM. Vaussenat et Peslin commencèrent les observations. Un observateur du pays, M. Baylac se joignit à eux. M. de Nansouty s'installa au mamelon de Plantade, tandis que M. Baylac montait tous les jours au sommet, à 500 mètres plus haut.

Des observations simultanées furent ainsi continuées jusqu'au 7 décembre, pour correspondre à celles de l'hémisphère boréal, qui se font partout, quand il est midi 53 minutes à Paris.

L'interruption fut causée par les intempéries de la saison, ainsi que l'a raconté M. Tarry. Au commencement de décembre, le général et ses deux collaborateurs étaient décidés à passer l'hiver dans l'hôtellerie; toutes les précautions avaient été prises pour cela. Mais il fallut changer d'avis, les frimas s'étant déchaînés avec fureur.

La neige vint d'abord menacer d'ensevelir les trois courageux observateurs, elle monta jusqu'au dessus de la cheminée. Un ouragan survenu le 11 précipita une masse de neige sur l'hôtellerie, dont la porte fut enfoncée le lendemain; le

rez-de-chaussée était devenu inhabitable; on dut songer au départ; il s'effectua le 14 décembre, à 8 heures 45 minutes du matin.

Brau, montagnard très-fort, qui était resté avec les observateurs, marchait le premier en ouvrant le passage avec sa poitrine, ses mains et ses genoux; venait ensuite Baylac, puis le général de Nansouty et la bonne chienne Mira qui terminait la marche. Le froid et la fatigue furent seuls à redouter jusqu'au cap Sencours; mais il fallait absolument atteindre le bas. Brau émit alors le projet de descendre dans le fond de la vallée d'Arises sous la cabane. Ici nous laissons la parole au général de Nansouty. « Du point où nous étions, nous voyions très-bien, par instants, le ruisseau; il nous semblait peu encombré de neige. Ce plan adopté nous reprenons notre marche, laissant le précipice à 50 mètres environ sur notre gauche. Malgré tous ses efforts pour ne pas approcher de ce mauvais endroit, poussé insensiblement par la pression des neiges sur sa droite, trompé par un rocher qu'il prit pour un autre, aveuglé par le chasse neige qui nous arrivait par le col d'Aouët, notre chef de file arriva sur le bord même de l'escarpement. Nous eûmes un instant de stupeur, en voyant le vide au bout de nos bâtons. Faire demi-tour sur place et remonter 50 mètres à pic fut l'acte de nous tous, même de Mira... Cette contre-marche nous fit traverser en diagonale un couloir par où les neiges du cap Sencours descendaient à chaque instant. Au fond du vallon où nous arrivâmes, la neige nouvelle mesurait $1^{m},80$ et $2^{m},30$ au passage du ruisseau... jusqu'au pont de bois; le travail devint pour notre guide d'une grande difficulté. A trois heures nous étions au pont de bois. Il nous restait à franchir le goulet d'Arises... Sur mon indication nous descendons 10 ou 12 mètres... Après un temps d'arrêt..., je distingue un petit chêne, un coudrier et un églantier ayant encore des feuilles, qui se trouvent sur le bord même du sentier, je les indique à Brau comme point de direction, en lui recommandant de faire tous ses efforts pour les conserver à droite, sinon la culbute! Nous sommes passés à 20 cent. de l'églantier, et j'avoue sincèrement que j'ai eu froid dans le dos.

A quatre heures 30 minutes nous atteignons la cabane du sieur Bur, la première en amont du groupe de Tramezaigues... Nous nous remettons en marche nous dirigeant vers la 19e borne de la route thermale, par le chemin le plus court, mais par des pentes impossibles. Nous l'atteignons à 8 heures 15 minutes.

Depuis ce moment jusqu'à notre arrivée à Gripp, courts mais fréquents éclairs. Tout danger était passé, mais nous étions accablés par la fatigue et tiraillés par la faim... Nous pensions atteindre Gripp en six ou huit heures; en marchant lentement ce même trajet peut être fait en trois heures; nous en mîmes seize!...

Dans l'état de fatigue où nous étions tous, Brau surtout... il fallait, pour arriver à Gripp trouver un moyen moins pénible de marcher, fût-il plus lent.

Le terre-plein de la route était de 1 mètre à $1^{m},20$ sous la neige. Pour en avoir moins à déplacer, nous cherchons la banquette de terre qui borde la route à droite, et sur laquelle nous ne trouvons que 40 à 50 centimètres de neige. Alors commence pour nous une marche d'acrobates; Mira préfère nager dans la neige. A minuit, nous franchissons le grand ravin, distant de Gripp d'environ un kilomètre... A une heure du matin nous frappons à l'hôtellerie du sieur Brau-Nogué, à Gripp, où les soins les plus empressés nous furent prodigués... Non-seulement MM. Brau et Baylac ont montré la plus grande énergie et le plus grand sang-froid, mais encore ils n'ont point proféré la moindre plainte... Ah! si la France avait seulement 500,000 hommes trempés comme ces deux braves gens!

Dans la journée du 12, l'atmosphère était dans un état d'équilibre instable extraordinaire, et nos intrépides montagnards firent une observation baromé-

trique très-intéressante, au plus fort de la tempête. Avant leur départ, ils mirent les thermomètres minima en position, et garantirent les autres instruments contre les intempéries. Toutes les observations de la première moitié du mois de décembre furent apportées à la société Ramond.

Il résulte de la tentative courageuse dont on vient de lire le récit abrégé, que le col de Sencours est pour ainsi dire inhabitable en hiver, dans les conditions d'un budget trop restreint.

Dans la séance académique du 10 janvier 1876, M. Ch. Deville lut un *rapport sur le projet d'un observatoire physique au sommet du pic du Midi de Bigorre, soumis à l'Académie par M. le général de Nansouty, au nom de la société Ramond ;* il importe que nous donnions un extrait de ce rapport.

Après avoir fait ressortir l'utilité des observations faites dans les hautes régions de l'atmosphère, celle des ascensions aérostatiques, ainsi que leur inefficacité pour remplacer les observatoires situés à poste fixe sur des points élevés, le rapporteur indique l'usage qu'on pourrait faire des ballons captifs et appuie sur l'installation d'établissements sur des points convenablement choisis. Dans l'Inde anglaise, on compte plusieurs de ces stations élevées. Les États-Unis d'Amérique qui ont consacré, en 1872, un budjet de 1,500,000 fr. à la météorologie, n'ont pas manqué de choisir dans leur réseau des postes élevés.

Un petit nombre de postes élevés existaient déjà en Europe en 1876. Sans parler des lieux où l'on n'a observé que pendant un certain temps, on sait que les religieux du Mont Saint-Bernard font à 2,500 mètres, depuis longtemps, une série d'observations qui, comparées à celles de Genève, jettent un grand jour sur les variations de l'atmosphère dans cette épaisseur de près de 2,100 mètres. On peut encore citer les hautes stations alpestres du val Dobbia, sur le mont Rose, de Julier (dans les Grisons), du Saint-Gothard, du Bernardin et du Simplon, dont les altitudes sont comprises entre 2,548 et 2,008 mètres.

Le Puy'de-Dôme, nous l'avons vu, a son observatoire.

M. Ch. Deville raconte ensuite les tentatives qui précédèrent celles de l'installation actuelle. Dès le 1er juin 1875, le président de la commission et M. Baylac s'étaient internés à l'hôtellerie pour l'hiver entier; quelques jours plus tard, ils rendaient aux populations voisines un service signalé : le 22 juin, à la veille des perturbations atmosphériques qui ont amené les effroyables désastres du midi de la France, bien que dénués de moyens rapides de correspondance, et grâce au dévouement d'un de leurs observateurs, ils purent, en effet, transmettre aux communes les plus proches et jusqu'à Tarbes des avis utiles.

Un nouvel accident, une immense avalanche vint, dans la nuit du 15 au 16 octobre, ensevelir sous la neige la modeste hôtellerie. Ses habitants furent obligés de percer le plafond pour descendre dans l'étage inférieur, et parvinrent avec les plus grandes peines à allumer dans la vaste cheminée, encombrée de neige, un foyer qui les préservât du froid. Malheureusement, l'*embrun* ou le vent de l'avalanche, dont la plus grande partie alla s'engouffrer dans le petit lac d'Oucet et le fit déborder, brisa et tordit l'abri météorologique, bien qu'il fût construit en fer et en fonte, et broya les instruments. Quelques jours après, à l'abri métallique on avait substitué un abri formé de pièces de bois; les instruments brisés étaient remplacés, et nos intrépides météorologistes s'étaient de nouveau emprisonnés.

M. Ch. Deville s'est aussi occupé des moyens d'exécution employés par la société Ramond. Le plan de l'observatoire a été dressé; on s'est adressé à tous les amis de la science, aux sociétés savantes, aux départements, aux principales villes du Sud-Ouest. Partout cet appel est entendu.

La construction se compose de trois parties : la maison d'habitation, située à 7 mètres au-dessous du sommet, est en partie souterraine et n'a d'ouvertures

que du côté du midi : elle communique, par un tunnel, à la pièce circulaire voûtée, qui doit contenir le baromètre, les appareils magnétiques, etc. A peu de distance, est fixé solidement au roc l'abri Montsouris destiné à protéger les instruments.

La station du pic du Midi correspond aux quatre stations voisines, fondées par elle.

Une commission de l'Académie des sciences proposa, en témoignage de l'intérêt que lui inspire cette œuvre, uniquement due à l'initiative de quelques amis de la science, d'accorder sa haute approbation au projet, déjà en partie réalisé, d'un observatoire physique au sommet du pic du Midi de Bigorre.

Malgré cet avis favorable et malgré les efforts persévérants du général de Nansouty, le Bulletin de l'Association scientifique constate que les fonds nécessaires pour l'établissement définitif de l'observatoire dont il s'agit n'avaient pas été jusqu'ici réunis, et, dans une lettre publiée récemment à ce sujet dans le journal le *XIX*e *siècle*, ce courageux et infatigable météorologiste faisait savoir aux amis des sciences qu'une somme de 20,000 fr. manquait encore pour l'organisation de cet établissement d'un intérêt national.

Nous avons appris, ajoute le Bulletin cité, que son appel avait été entendu par un habitant du département du Pas-de-Calais (M. Baggio de Carvin), qui a mis à la disposition du général de Nansouty, une somme de 5,000 fr. et nous sommes heureux de pouvoir dire que l'un des membres du conseil de l'Association scientifique de France vient de donner à cette compagnie une somme de 15,000 fr., destinés à compléter la subvention dont l'observatoire du pic du Midi a besoin. Ce membre a désiré garder l'anonyme, mais les amis des sciences le reconnaîtront facilement, en se rappelant la générosité éclairée dont un des amis de feu M. Le Verrier (M. Bischoffsheim) a déjà donné des preuves non moins éclatantes dans plus d'une circonstance.

La météorologie en Suisse. — M. Maxime Hélène nous apprend, dans la *Nature*, que dans une récente tournée qu'il a faite en Suisse, il a été frappé du développement qu'à pris l'installation de monuments destinés à rendre accessible à tous la connaissance des principaux phénomènes de la météorologie. Dans presque tous les bourgs, et surtout dans les villes, on voit sur les places ou à proximité d'un lac, une élégante colonne portant des instruments tels que baromètre, hygromètre, limmimètre, etc.

Le monument météorologique de Genève qui s'élève à l'entrée du jardin anglais, dit M. Maxime Hélène, est probablement le plus connu. Les monuments de Neuchâtel, Fribourg, Zurich, etc., se ressemblent tous, à quelques différences près dans le nombre et l'agencement des instruments. Le monument de Lucerne, comme la plupart de ceux qui sont situés près des lacs, possède un limmimètre indiquant automatiquement les variations de niveau de la nappe liquide.

C'est à l'initiative privée qu'on doit en général l'installation de ces appareils, ou plus exactement aux sociétés cantonales, dont la fédération forme la *Société Suisse des Sciences naturelles*, la plus ancienne des associations scientifiques. Nous donnons, d'après M. Maxime Hélène, la description de l'un de ces appareils météorologiques.

Le monument de Fribourg est en marbre noir de Saint-Triphon (canton de Vaud) ; il est poli sur toutes ses faces. La plate-forme qui le supporte a été taillée dans les superbes blocs erratiques de granit, dont l'ancien glacier du Rhône a semé son parcours séculaire. De la plate-forme à l'extrémité de la sphère qui couronne le monument, la hauteur de la colonne est de $2^{m},65$. Les appareils portés par les faces du monument sont : au Nord, un thermomètre à

alcool, avec double graduation gravée sur le marbre (Celsius et Réaumur); à l'ouest, un baromètre à cuvette, dont la colonne de mercure a 6 millimètres de diamètre ; à l'Est un hygromètre à cheveu. Sur la face Sud, on lit les inscriptions que voici :

CONSTANTES

Longitude E de Paris	4°,49′ 14″
Latitude.	46°,48′ 20″
Altitude	618m,443.

MOYENNES

Moyenne barométrique	708m/m,5
Moyenne thermométrique.	7°, 9 (Celsius)
Hauteur annuelle de l'eau de pluie.	900 millimètres.

Les lignes donnant la direction des quatre points cardinaux sont tracées sur la sphère qui couronne cet observatoire.

Le souvenir des promoteurs de l'entreprise a été rappelé par l'inscription suivante gravée à la partie inférieure de la face : *Erigé sous les auspices de la Société fribourgeoise des Sciences naturelles.* Le monument entier n'a coûté que 2,000 fr. au plus.

Les inscriptions gravées sur l'une des faces de la colonne varient naturellement avec les localités. Le monument de Bâle porte la réduction des mesures suisses, longueurs, surfaces ou volumes, anciennes ou nouvelles, en mesures étrangères, ou encore le rapport des monnaies. D'autres indiquent l'heure des différentes villes pour le midi de Berne. Quelques-uns donnent les températures maxima et minima, ou mentionnent les hivers rigoureux, les inondations, etc. Presque tous notent les altitudes des hauts sommets environnants. La colonne de Lucerne indique l'altitude du Righi, du Mont Pilate, celle des environs de la ville et du lac. L'appareil de Genève contient une longue liste de hauteurs, commençant par le Mont-Blanc et finissant par la ville, après avoir passé par tous les pics du massif des Alpes.

XIII. — L'électricité atmosphérique. — Les orages.

Parmi les particularités dignes d'être signalées, qui se rapportent aux orages, on doit citer un phénomène dont l'explication était encore à trouver, avant les expériences de M. G. Planté, dont nous allons bientôt parler. Il s'agit du *tonnerre en boule*. Cette manifestation de l'électricité forme la troisième classe d'éclairs d'Arago; ces globes de feu sont visibles pendant plusieurs secondes de temps, au lieu d'avoir une durée inappréciable.

Les observations de ce genre sont assez nombreuses; des globes lumineux se montrent plus fréquemment encore au milieu des orages volcaniques que pendant les orages ordinaires. Aux masses globulaires lumineuses parfaitement définies sur toute la circonférence, Arago ajoute celles qui laissent des parcelles enflammées sur leur route et ont quelques ressemblances avec les fusées de nos feux d'artifice. C'est surtout lorsque la foudre tombe dans les édifices qu'elle prend la forme d'un globe de lumière. Cette forme se montre aussi sur la mer,

et nous verrons que ce fait a été reproduit dans le cabinet du physicien nommé plus haut.

Quelques explications théoriques sur l'électricité atmosphérique sont ici nécessaires, pour bien en faire comprendre les allures; seulement nous prions le lecteur de nous pardonner, si nos explications ne sont pas aussi satisfaisantes qu'il pourrait le désirer; ce n'est pas notre faute si la science n'est pas plus avancée sur cet important sujet.

Souvent, lorsque le temps est à l'orage, la chaleur du jour est très-grande; on dit même qu'elle est suffocante. Alors l'atmosphère est lourde, on marche péniblement, on transpire facilement, malgré la pluie qui tombe ordinairement. Bientôt on voit les éclairs sillonner l'horizon, et des nuages noirs monter sans cesse pour couvrir tout le ciel visible. S'il fait nuit, et si l'on est à proximité d'une grande ville, de Paris par exemple, la réverbération des becs de gaz donne au ciel une teinte rougeâtre. Le tonnerre gronde, la foudre tombe avec fracas, en effrayant un grand nombre de personnes.

Chacun sait en quoi consiste une machine électrique; elle est formée d'un large plateau circulaire en verre que l'on fait tourner, afin de le faire frotter entre deux coussins qui pressent sa surface des deux côtés. Pendant sa rotation, le verre dégage de l'électricité (appelée vitrée), fluide impondérable. Le plateau en verre, chargé de ce fluide ne pèse ni plus ni moins qu'auparavant. La chaleur et la lumière sont dans le même cas; une barre de fer froide ou rougie au feu possède absolument le même poids. A côté du plateau vertical, se trouve un cylindre horizontal creux, en cuivre ordinairement. Ce cylindre est garni de pointes disposées en regard de la roue en verre.

L'électricité se répand à la surface des corps seulement; voilà pourquoi le cylindre conducteur est creux; de plus, elle est attirée par les pointes. Le verre est un mauvais conducteur de l'électricité, comme le bois est mauvais conducteur de la chaleur. La résine est aussi une substance qui conduit très-mal l'électricité, et qui la laisse se développer facilement par le frottement; on l'appelle électricité *résineuse;* voici pourquoi on la distingue de celle développée par le verre: supposez deux machines électriques à côté l'une de l'autre; l'une a son plateau en verre, et l'autre l'a en résine. Rapprochez progressivement les deux conducteurs après avoir fait tourner les roues; lorsqu'ils seront à une certaine distance l'un de l'autre, vous verrez jaillir une étincelle électrique dans le plus petit espace qui sépare les conducteurs. Les deux électricités se seront combinées et neutralisées. Deux machines identiques, c'est-à-dire électrisées de la même manière, toutes les deux avec du verre ou de la résine, ne produiront rien de pareil, le fluide étant identique de part et d'autre.

La soie est un mauvais conducteur de l'électricité; l'air sec également. Suspendez deux petites balles de sureau, chacune à l'extrémité d'un fil de soie, et nouez les deux autres extrémités de ces fils, en leur donnant une longueur égale. Tenez le nœud entre le pouce et l'index, et laissez les fils prendre leur position verticale, les deux balles se toucheront. Mettez vivement ces balles en contact avec un tube en verre préalablement frotté avec du drap, ou avec un bâton de résine frotté de la même manière. Dans l'un ou l'autre cas, les deux petites balles de moëlle de sureau s'éloigneront l'une de l'autre; elles se repousseront. Au bout d'un certain temps, d'autant plus long que l'air environnant sera plus sec, les petites balles viendront de nouveau se toucher, quand elles auront perdu l'électricité libre qu'elles avaient.

Deux corps électrisés de la même manière, vitreusement ou résineusement se repoussent donc.

Au lieu de nouer ensemble les fils de suspension des balles de sureau, tenez ces fils à une petite distance l'un de l'autre; touchez l'une des balles avec du

verre frotté, et l'autre balle avec de la résine frottée, ces balles s'attireront, viendront au contact pour reprendre ensuite leur position initiale. Au moment de leur contact, ces balles produiraient une étincelle et un petit bruit, si elles étaient chargées d'une quantité d'électricité suffisamment grande. Ainsi, deux corps électrisés différemment s'attirent.

Lorsque deux nuages électrisés diversement sont assez rapprochés l'un de l'autre, les fluides se combinent en produisant une étincelle qui devient un éclair et un bruit qui est le tonnerre. La nature possède par devers elle, des moyens de production de l'électricité, incomparablement plus puissants que ceux dont nous pouvons disposer. Mais nous n'en sommes pas moins en mesure de répéter, sur une petite échelle, les prodigieux effets dont elle nous rend témoins sur son vaste théâtre.

Un mot encore, et nous saurons presque tout ce que la science enseigne sur l'électricité de l'atmosphère et sur les nuages orageux.

Quand l'éclair jaillit entre les nuages et la terre, entre le ciel et l'eau, entre le sommet d'un arbre ou le toit d'un édifice et les nuées, on dit que le tonnerre tombe sur la terre, dans l'eau, sur l'arbre ou sur l'édifice.

Le son parcourt dans l'air environ 340 mètres par seconde, tandis que la vitesse de la lumière est immense; on peut dire qu'on la voit aussitôt qu'elle naît en un point quelconque du globe, quelle que soit la distance qui nous en sépare. Il n'en est pas de même du son, si vous observez, pendant la nuit, un canon qui part à 340 mètres de vous, il s'écoulera une seconde de temps entre la perception de la lumière émise par la bouche à feu et la perception du bruit. Le canon est-il situé à deux fois 340 mètres du lieu que vous occupez, la lumière précédera de deux secondes le coup de canon.

Pour connaître la distance à laquelle se trouvent des nuages orageux, il faut donc compter le nombre de secondes écoulées entre la vue de l'éclair et le bruit du tonnerre qui suit immédiatement, puis multiplier ce nombre de secondes par 340; le résultat donnera, en mètres, la distance cherchée.

Ceux qui sont frappés par la foudre (et le nombre en est heureusement petit), n'entendent pas le bruit. Il n'y a donc pas lieu de s'effrayer des éclairs et du tonnerre.

Les fluides vitré et résineux, forment par leur combinaison le fluide neutre, l'électricité naturelle, non sensible et se trouvant en quantité indéfinie dans tous les corps.

Quand un corps électrisé est rapproché d'un autre corps qui ne l'est pas, il se produit une étincelle due à la combinaison du fluide libre avec celui de nom contraire, provenant de la séparation des fluides qui forment l'électricité neutre. L'autre électricité séparée et repoussée, s'écoule dans le sol ou dans les conducteurs, tels que l'air, les supports, etc.

Cette explication très-peu satisfaisante, rend compte, si l'on veut, de l'effet produit lorsque le tonnerre tombe; le fluide neutre de la terre est décomposé par celui en liberté dans les nuages; si celui-ci est vitré, il attire le fluide résineux terrestre et repousse dans le sol une quantité correspondante d'électricité vitrée. Au contraire, si les nuages sont électrisés résineusement, c'est le fluide vitré du sol qui sera attiré, tandis que le fluide résineux correspondant sera repoussé. Dans les deux cas, le tonnerre tombe si l'étincelle jaillit entre le sol et les nuages.

Dans la saison où les orages sont assez fréquents, ils accompagnent ou suivent les grandes chaleurs. Il est donc naturel de supposer à l'électricité, une source analogue à celle de la chaleur. La chaleur et l'électricité auraient ainsi une même cause, et la manifestation des phénomènes qui en dépendent, proviendrait d'une origine commune. Il en serait de même du magnétisme, de la

lumière et de toutes les transformations d'une force universelle. Cette manière de considérer les choses, est en grande faveur aujourd'hui; on semble renoncer aux fluides impondérables, pour considérer les effets dont nous sommes témoins, comme étant des transformations du mouvement.

Les orages se présentent d'ailleurs avec des apparences qui peuvent varier beaucoup. Les orages de grêle produisent des effets désastreux. Comme exemple, nous en citerons un qui s'est abattu sur le département de l'Hérault, en 1874. Cet orage débuta à Montpellier, vers minuit et demi, par de violents coups de tonnerre, presque continus. Les éclairs ne cessaient de briller. Vers une heure du matin, une violente bourrasque fut accompagnée d'une grêle torrentielle, tombant avec un grand fracas pendant plusieurs minutes. La pluie suivit la grêle avec une violence égale, et le tonnerre alla en s'éloignant. Une demi-heure après la chute des grêlons, M. Gay en recueillit dont la grosseur surpassait celle d'une noix; elle était un peu inférieure à celle d'un œuf de poule. Leur forme était grossièrement ellipsoïdale, leur surface mamelonnée; tous possédaient le noyau opaque entouré de glace très-transparente. Leur plus grand diamètre était de 30, 40, 50 millimètres; l'un d'eux, déjà très-diminué, mesurait 62 millimètres; sept pesés ensemble donnaient 150 grammes. Les allées des jardins étaient jonchées de feuilles et de rameaux, presque tous les fruits tombèrent, les vitres non abritées furent brisées, le sol fut criblé de trous, les tuiles brisées, etc. La largeur du fleuve de grêle était de 8 à 10 kilomètres. Des récoltes ont été entièrement détruites; la perte de vin, due à cet orage, fut évaluée à 50 millions de francs. Le samedi soir, 27 juin, la mer, auprès de Montpellier, était violemment agitée, bien que le temps fut calme; et les pêcheurs annonçaient un violent orage pour la nuit. Cet orage est le plus violent dont on se souvienne dans le pays.

L'orage qui s'est abattu sur Paris, le 10 juillet de la même année (1874) a présenté certaines particularités. Ainsi, cet orage est venu après un autre de la veille, à la suite d'une violente bourrasque. L'eau tombait abondamment, et le tonnerre ne cessa de gronder pendant tout le jour. Les éclairs avaient une étendue prodigieuse et un éclat extraordinaire d'un blanc-bleuâtre très-vif. Cette accumulation d'électricité dans les nuages après un violent orage de la veille, ne peut se comprendre que par l'excès de chaleur régnante, malgré la masse d'eau tombée. L'électricité de l'atmosphère accompagne ordinairement un excès de chaleur, tout le monde sait cela, sans qu'on soit bien renseigné sur la cause d'un pareil effet; mais qu'après un violent orage, il s'en produise un autre d'une durée beaucoup plus grande et sans abaissement sensible de la température, cela est plus rare; et si l'on en voit l'origine dans la direction du vent qui vient des régions chaudes, c'est une explication dont il faut bien se contenter, faute de mieux.

Origine de l'électricité atmosphérique. — D'où vient l'électricité de l'atmosphère? Où les nuages prennent-ils la foudre dont ils sont chargés? Grande question à l'état de problème à résoudre comme tant d'autres questions non moins grandes, et qui désespèrent les physiciens et les météorologistes. Un savant éminent, mort il y a peu de temps, dans un âge avancé, M. Becquerel père, a communiqué, en 1872, ses recherches sur ce sujet. Il cherche à prouver que l'électricité qui cause si souvent des orages, a une origine solaire. Malgré une telle autorité, des doutes subsistent dans l'esprit de M. Faye et de quelques autres savants, sur certains points de la nouvelle étude, nous résumons ici les principaux.

Selon M. Becquerel, les masses hydrogénées qui forment les protubérances solaires et qui sont projetées très-loin, emportent aves elles de l'électricité posi-

tive, laquelle serait communiquée à l'atmosphère terrestre. Mais pour qu'une telle communication puisse avoir lieu, l'intervention de la matière est nécessaire; car le vide des espaces célestes ne saurait conduire le fluide électrique. Cette matière conductrice, M. Becquerel la trouve dans les poussières cosmiques, circulant dans l'espace et venant fréquemment en collision avec l'enveloppe aérienne dont nous sommes entourés. C'est cette hypothèse qui paraît un point faible à M. Faye et qu'il voudrait voir supprimer. Si l'on considère, d'après ce dernier, que la photosphère du soleil, couche lumineuse de l'astre radieux, exerce une force répulsive très-sensible sur les corps légers, on sera conduit à supprimer l'intermédiaire des poussières cosmiques, et à admettre que l'hydrogène solaire excessivement raréfié, peut se répandre dans l'espace et arriver jusqu'à nous malgré l'attraction solaire, apportant avec lui l'électricité positive dont il était primitivement doué. Voici, en effet, les caractères reconnus par M. Faye à la force répulsive solaire, dont l'existence est mise en pleine lumière par les phénomènes gigantesques que les comètes nous présentent: 1° cette force cosmique n'est pas proportionnelle aux masses comme l'attraction, mais aux surfaces; 2° insensible sur les corps très-denses, tels que les planètes, elle peut produire des effets très-marqués sur les corps énormément raréfiés, comme les nébulosités des comètes ou les émissions hydrogénées du soleil.

La force répulsive du soleil serait donc capable d'expulser au loin et de mouvoir dans des orbites hyperboliques (qui s'éloignent toujours de plus en plus de l'astre central) presque rectilignes, des molécules hydrogénées séparées de la chromosphère ou enveloppe solaire, entourant la photosphère, et parfaitement indépendantes les unes des autres, pourvu qu'elles fussent réduites à une ténuité comparable à celle des nébulosités cométaires. Ces effluves non gazeuses peuvent atteindre et dépasser l'orbite de la terre, tout comme les effluves des comètes qui obéissent sous nos yeux à la même force. On peut très-bien concevoir ainsi des molécules électrisées, chassées dans le vide par la répulsion solaire, et emportant avec elles leur électricité, qui ne se fera sentir qu'au moment où ces molécules pénétreront dans un nouveau milieu gazeux plus ou moins raréfié. Le vide conserverait en quelque sorte cette électricité moléculaire pendant la durée du trajet des molécules entre le soleil et la planète considérée.

Éclairs sans tonnerre. — Les éclairs sans tonnerre, observés par un temps couvert, dans la nuit du 9 au 10 août 1868, ont été l'occasion de détails qu'il est bon de connaître.

Le phénomène du tonnerre et des éclairs est très-complexe : l'échange d'électricité peut s'effectuer d'un nuage à la terre, de la terre à un nuage, d'un nuage à un autre nuage. Le bruit du tonnerre ne peut guère avoir lieu que quand le sol terrestre est directement intéressé à jouer un rôle dans le phénomène du transport de l'électricité. Lorsque l'échange a lieu entre deux nuages et loin du sol, le bruit est difficilement perçu par notre oreille; on peut même ajouter que dans certains cas, il n'y a pas de bruit du tout.

Il est probable qu'au-dessus, bien au-dessus du voile de vapeurs ou de nuages vagues qui couvraient tout le ciel, dans la nuit du 9 au 10, il existait une ou plusieurs couches d'autres nuages, à des hauteurs très-différentes les unes des autres, et peut-être aussi de petits nuages bien tranchés, bien isolés. Sans aller jusqu'à des hauteurs de 15 kilomètres et plus, observées par Pouillet, pour le séjour de quelques nuages qui semblent immobiles et comme cloués à la voûte du ciel, on peut en imaginer à 8 ou 10 kilomètres du sol; à ces hauteurs déjà, l'air est bien raréfié; le passage à travers cet air par l'électricité voyageuse, se fait facilement et pour ainsi dire sans explosion. Nous n'en percevons donc rien par le sens de l'ouïe, tandis que nos yeux verront très-bien la lueur de ces fai-

bles éclairs. C'est ainsi qu'on a pu voir, dans la nuit en question, comme un foyer, ces centres d'éclairs au zénith, si les nuages libre-échangistes, étaient à peu près dans la verticale du lieu de l'observation, nuages qui n'ont pu être vus, cachés qu'ils étaient par le rideau général de nuages plus bas, interposés entre eux et le sol.

Autre chose : on voit très-bien de Paris les éclairs d'un orage qui a lieu au Hâvre ; il doit y avoir quelque chose comme 45 à 46 lieues en ligne droite, entre ces deux villes. Le bruit du tonnerre ne se propage pas à une pareille distance : on verra donc des éclairs et on n'entendra pas le tonnerre, si le temps est clair ; si le temps est couvert et s'il y a un nuage isolé au-dessus de la première couche qui masque le ciel à l'observateur, chaque éclair se produisant au Hâvre, viendra se réfléchir sur ce nuage isolé qui, par réflexion, enverra une image plus ou moins affaiblie, à la vérité, jusqu'à l'observateur. Ce dernier aura donc encore dans ce cas-ci, comme une source d'éclairs fixe et bien entretenue, par un orage qui éclatera au Hâvre, source d'autant plus immuable qu'il y aura moins de vent.

Les éclairs de chaleur ne sont pas compréhensibles ; le maréchal Vaillant, bon météorologiste, n'y croyait pas. Il est contraire aux phénomènes connus, disait-il, que daus un milieu gazeux, où les conditions d'équilibre se rétablissent d'elles-mêmes et aussitôt qu'elles ont été troublées, il puisse y avoir des décharges d'électricité.

Les éclairs de chaleur sont donc produits pas de très-petits nuages que leur éloignement, leur élévation dans l'atmosphère rendent invisibles pour nous ; ce qui n'empêche nullement nos yeux de voir de faibles éclairs qui sont l'indice de quelques échanges d'électricité entre ces nuages ; ou mieux encore, ces éclairs de chaleur sont la réverbération dans le ciel, d'éclairs bien corsés, bien vifs, accompagnant des orages lointains, des orages qui se passent à une trentaine de lieues de nous.

On a souvent remarqué que, quand ces éclairs de chaleur se produisent vers neuf ou dix heures du soir, après une belle et chaude journée d'été, on voit tout d'un coup apparaître un rideau de gros nuages, bientôt dissous par de vrais éclairs et qui ne tardent pas à être accompagnés de pluie.

Voici les particularités principales qui ont accompagné le phénomène dont nous avons été témoin dans la nuit du 9 au 10 août 1868.

Le temps était couvert ; des éclairs sillonnaient tout le ciel, sans aucun bruit. Pas une goutte d'eau ne tomba ; on ne sentit pas le plus léger souffle de vent ; et enfin, comme remarque essentielle, on avait entendu le bruit du tonnerre quand les nuages étaient à l'horizon, c'est-à-dire lorsqu'ils se trouvaient à leur plus grande distance du lieu de l'observation. Quand les nuages eurent atteint le zénith, et longtemps avant, aucun bruit n'était perceptible, malgré une recrudescence d'éclairs très-prononcée ; le phénomène disparut dans le silence.

Une chose reste inexpliquée pour nous : les nuages entre lesquels jaillirent les éclairs, au zénith et dans les environs, étant les mêmes que les nuages qui couvraient d'abord l'horizon, ainsi que l'observation l'a constaté, comment se fait-il qu'on entendit le bruit du tonnerre quand la distance des nuages à l'observateur était à son maximum, tandis qu'à leur distance minimum, il ne fut pas possible d'entendre le plus léger bruit ?

Courants électriques de haute tension. — Cause des éclairs en boule, ou de la foudre globulaire. — Les phénomènes dont nous allons parler ont été étudiés par M. G. Planté, dont la sagacité a doté la science de découvertes très-remarquables. Il s'agit de donner une explication de certains effets produits par l'électricité

atmosphérique, qui ont défié jusqu'ici les efforts des plus habiles. L'étude des courants électriques de haute tension, engendrés dans les liquides, est assez complexe; il faut une pile énergique pour observer les phénomènes de cette nature. En suivant le passage de courants d'une tension variable dans les liquides, on assiste pour ainsi dire, à la lutte entre le flux électrique et l'attraction moléculaire jointe à l'affinité chimique, tendant à retenir unies les molécules métalliques des électrodes ou les éléments du corps liquide contenu dans le voltamètre. Si le flux électrique a une grande tension, les effets mécaniques et calorifiques dominent: l'attraction moléculaire est ranimée, les électrodes sont désagrégées, fondues ou volatisées. Si la tension est un peu moindre, les électrodes sont le siège de phénomènes lumineux produits par le vide et les vapeurs raréfiées à l'entour; le liquide ne mouillant presque pas les électrodes, est à peine décomposé. Si la tension décroît encore, les principaux phénomènes calorifiques et lumineux disparaissent et la décomposition se manifeste; et comme d'autre part, le courant traverse alors d'une manière plus complète le liquide, l'intensité apparaît plus grande dans le circuit.

Parmi les nombreux phénomènes produits par la décharge des batteries de M. G. Planté, nous signalerons celui qui résulte de l'immersion de l'électrode positive dans une solution saturée de chlorure de sodium. En plaçant le voltamètre sur un support muni de crémaillères, auxquelles sont reliés les fils de platine, de manière à les introduire avec précaution dans le liquide, le fil négatif étant plongé à l'avance de 1 millimètre, si l'on amène le fil positif au contact du liquide, on voit se former autour de ce fil, avec un bruissement assez fort, un petit globe lumineux d'une sphérité parfaite; en soulevant le fil de platine, le diamètre du globule augmente de manière à acquérir près de 1 centimètre; en immergeant le fil plus profondément, le globule prend un rapide mouvement gyratoire, et quand il a acquis une certaine vitesse, il se détache comme attiré par l'autre électrode, et disparaît en déterminant une explosion et une flamme au pôle négatif. Ce globule n'est pas gazeux, car la décomposition de l'eau peut à peine se produire dans ces conditions; c'est un globule de liquide dans un état sphéroïdal particulier, illuminé par le flux électrique qu'il renferme; et comme il est presque isolé par cet état sphéroïdal du reste du liquide, il doit naturellement se trouver chargé, de même que le fil auquel il adhère, d'électricité positive.

Si, au lieu de plonger le fil métallique au milieu du liquide, on le rapproche des parois du vase en verre, il se produit un tourbillon lumineux, et le long du verre un sillon brillant de forme sinusoïde ou en zigzag arrondi, serpentant de part et d'autre de l'électrode jusqu'à 3 ou 4 centimètres de distance. Arrivé dans le voisinage de l'électrode négative, ce sillon détermine aussi une explosion ou une bruyante étincelle avec flamme à l'extrémité de cette électrode. Aussitôt après, il se reforme un nouveau sillon, et ainsi de suite, pendant quelques minutes, avec des explosions intermittentes au pôle négatif.

Ces globules lumineux, avec les caractères qu'ils affectent, semblent offrir une image réduite des phénomènes de *foudre globulaire.*

C'est surtout à la fin des orages qu'on a observé le tonnerre en boule, quand l'électricité atmosphérique s'écoule facilement vers le sol, en traversant un air saturé d'humidité par une pluie abondante. On conçoit que la grande tension de l'électricité de l'atmosphère, produise avec de l'air humide ou de la vapeur d'eau, ce que l'électricité dynamique produit avec un liquide salin.

Les conditions que M. Planté a indiquées comme favorables à la production de la foudre globulaire, se sont réalisées lors du violent orage qui a éclaté à Paris, le 24 juillet 1876, entre 3 heures 30 minutes et 4 heures de l'après-midi; il en est résulté une chute de foudre sous la forme *globulaire*, sur une maison

portant le n° 28 de la rue des Tournelles et sur un coin du théâtre du boulevard Beaumarchais.

« Le vent était relativement faible, une portion de la nuée orageuse se maintint presque fixe, pendant quelques minutes, sur le quartier de la Bastille; les décharges étaient incessantes et plusieurs coups de tonnerre, succédant aux éclairs sans intervalle appréciable, annoncèrent que la foudre était tombée plusieurs fois dans le voisinage.... Elle paraît être tombée trois fois au même point, sur le théâtre, dans la cour et dans le jardin de la maison n° 28 de la rue des Tournelles. Cette maison est connue au Marais, sous le nom de *l'hôtel de Ninon de Lenclos*. Le régisseur du théâtre Beaumarchais, qui se trouvait dans le magasin des costumes, petit pavillon situé à la partie supérieure de l'édifice, a vu tomber une *bombe de feu* de la grosseur du poing. Dans la rue des Tournelles, un ouvrier demeurant au quatrième étage, a vu un *globe de feu* de la grosseur d'un boulet de canon passer au bord du toit, près d'un pot de fleurs, en ne brisant qu'une tige, et tomber dans la cour. Au même instant, un autre ouvrier, placé au rez-de-chaussée, a observé trois petites *boules de feu* au-dessus du sol de la même cour qui était alors complétement inondé.... Une autre personne voyait tomber dans son jardin deux ou trois parcelles incandescentes, sans contours nettement définis, et qui ont semblé se noyer dans le jardin transformé en un vaste bassin par l'abondance de l'eau tombée comme une véritable *trombe*..... »

M. G. Planté fait observer que, bien qu'il n'y ait pas eu là un de ces cas extraordinaires dans lesquels la foudre en boule se meut avec lenteur et reste quelque temps visible, il s'est formé néanmoins des globes électrisés comme dans les expériences citées plus haut, et comme dans d'autres, où un filet d'eau traversé par un puissant courant électrique et sillonné intérieurement de traits de feu, reproduit les effets des trombes, en déterminant avec crépitation le jaillissement de globules lumineux à la surface du liquide où plonge le pôle négatif. On pourrait dire, en quelques mots, que la *foudre globulaire* résulte : 1° de l'agrégation, sous forme sphérique, de matières pondérables, et particulièrement d'air et de vapeur d'eau, par suite de l'aspiration et de la raréfaction que le flux électrique détermine sur son passage; 2° de la condensation de l'électricité positive dans cette enveloppe en ce milieu de matière raréfiée, électricité qui se dissipe sans bruit, si le sol est fortement négatif par l'influence du nuage électrisé, ou qui donne lieu à une explosion, quand l'électricité du globe fulminant peut se combiner avec l'électricité opposée du sol.

Des expériences nouvelles de M. G. Planté ont exigé des appareils électriques dont le courant de décharge équivaut à peu près à celui de 1200 éléments de Bunsen. Ces expériences complètent les précédentes, pour expliquer le mode de formation de la foudre globulaire. Elles montrent qu'avec une quantité et une tension d'électricité suffisantes, on peut obtenir, non plus seulement des globules liquides électrisés, mais l'étincelle électrique elle-même sous la forme globulaire. Cette variété d'effets de la foudre doit donc résulter de la production du flux abondant de l'électricité à l'état dynamique, dans lequel la quantité est jointe à la tension.

Le cas particulier où les globules fulminaires présentent des mouvements lents ou des temps d'arrêt, s'explique par le mouvement ou le repos de la colonne d'air humide fortement électrisée et invisible qui sert d'électrode. Pour imiter cet effet, il suffit de faire osciller l'électrode préalablement suspendu sous forme d'un long pendule, au-dessus d'une cuvette pleine d'eau, ou d'une surface métallique, et de masquer, par un écran, son extrémité inférieure.

On voit alors une *petite boule de feu* se mouvoir au-dessus de l'eau ou de la surface conductrice, et produire ainsi toutes les apparences du phénomène naturel.

XIV. — Les aurores polaires. — Leur origine.

Les aurores polaires produites il y a sept ou huit ans sur une vaste échelle et avec une intensité inaccoutumée, ont donné une libre carrière aux imaginations savantes.

Il est certain que l'aurore du 4 février 1872 a été vue aussi dans l'hémisphère austral, au pôle duquel ce phénomène s'est également produit. On a très-distinctement vu une aurore australe, à cette date, à l'île de la Réunion.

Une première description de ce météore a été reçue à Paris le 9 mars suivant. Elle mentionne que, dans la nuit du 4 au 5 février, un spectacle splendide se manifesta. Une magnifique aurore australe fut observée vers dix heures du soir; on crut d'abord à un vaste incendie; elle avait été précédée d'une pluie abondante. Les montagnes et les arbres se détachaient en noir sur un fond rouge, en produisant un très-bel effet. Peu à peu le météore s'étendit de l'est à l'ouest, et l'on voyait briller les étoiles au travers. Il y avait de grandes traînées blanches groupées de 15 à 16. La lueur rougeâtre disparut pour faire place à une teinte blanchâtre, jusqu'à deux heures du matin.

D'après une deuxième communication, le phénomène parut à 8 heures $^1/_2$ du soir; il était encore très-apparent à 5 h. du matin. La plus grande intensite eut lieu de 11 heures à 1 heure $^1/_2$ du matin. On voyait des raies ressemblant à une queue de comète.

Une troisième relation, envoyée à M. le général Morin, est de M. A. Vincent, de Saint-Denis, à la Réunion. Dans la nuit du 4 ou 5 février, dit-il, une aurore australe, fig. 33, a été vue ici. Ce beau phénomène a commencé vers 8 heures $^1/_2$ du soir, ce qui correspond à 5 heures de Paris, moment où l'on ne pouvait pas voir cette apparition dans la capitale de la France, à cause de la lumière du jour, mais on la voyait déjà à Rome. A cet instant, le ciel s'est teinté d'une couleur pourpre dont l'étendue a augmenté par degrés du sud-est au sud-ouest. On eût dit tout d'abord la déflagration d'un vaste volcan. Le ciel était d'un pourpre foncé, et la coloration montait jusqu'au zénith. Une partie de la voie lactée se trouvait dans la lumière, et la croix du sud paraissait avec tout son éclat. Les étoiles changeantes scintillaient au travers et s'en dégageaient.

Un incendie ou une déflagration volcanique n'aurait point permis une telle pénétration des rayons solaires. On remarquait une division harmonieuse de la lumière et l'apparition soudaine d'immenses jets lumineux montant de l'horizon vers le zénith, comme des fusées. On voyait encore plusieurs bandes parallèles distantes de plusieurs degrés les unes des autres, et tracées comme de grandes queues de comètes, quelques nuages qui passaient se détachaient en noir, comme des ombres errantes. Le maximum d'intensité se produisit de 10 heures à 11 heures, ce qui fait 6 heures 30 minutes de Paris; alors elle offrait une de ses phases remarquables. Par moments, les teintes semblaient se renforcer dans tous les points de leur immense étendue; alors la clarté répandue était si vive que l'observateur a vu très-nettement les lignes de sa main ainsi que quelques traces de nitrate d'argent qui la tachaient. Aucun bruit de crépitation ne fut entendu; l'atmosphère paraissait silencieuse.

Le développement de l'aurore était magnifique au pôle Sud. A minuit la coloration devint d'un rouge brique et les bandes s'étalaient. A 3 heures du matin,

ou à 11 heures 30 minutes de Paris, le phénomène austral avait pâli; sa couleur était devenue jaune d'or et s'éteignait presque au moment des premières clartés du jour. On peut juger de l'intensité du météore et de sa beauté, quand on songe qu'à la distance où se trouve l'île de la Réunion, on n'en voyait que la

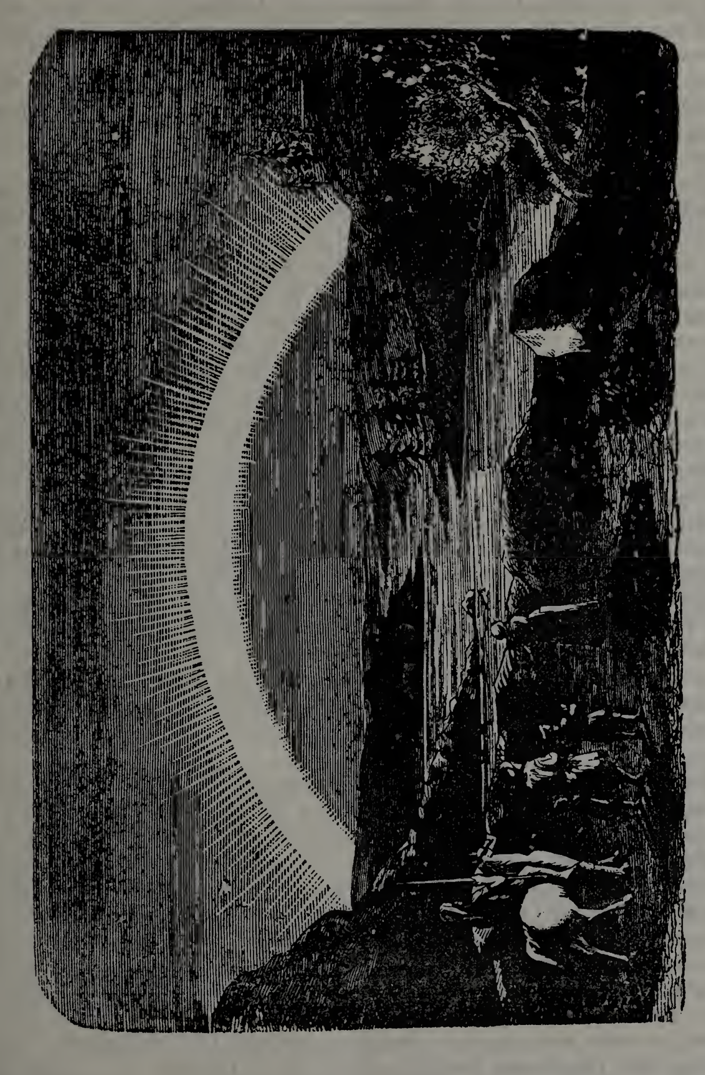


Fig. 33. — Aurore australe.

partie supérieure. Ce phénomène occupait une si large étendue qu'il montait presque jusqu'au zénith; or la base et le corps du météore étaient cachés par le cercle immense se développant du pôle austral jusqu'à l'horizon. L'émotion fut grande parmi la foule des spectateurs; quelques-uns se livraient à la crainte; d'autres étaient dans une profonde admiration d'un spectacle qu'on n'avait jamais vu porté à un si haut point de magnificence jusqu'ici, à l'île de la Réunion, les apparitions de ce phénomène ont été confondues avec les lueurs

volcaniques. Déjà, dans la nuit du 25 ou 26 octobre 1870, une aurore australe a été observée dans ces parages. C'est aussi un jour d'une semblable apparition à Paris. La simultanéité des aurores magnétiques des deux pôles est un fait déjà constaté dans la science. Les fils conducteurs du télégraphe électrique ont été soumis à une perturbation incessante pendant la durée du phénomène; c'est une circonstance bonne à enregistrer.

Il serait curieux de savoir si les lueurs des deux pôles se rejoignaient par dessus l'équateur ? Or, M. Janssen, dans son voyage dans l'Inde, n'a rien vu de pareil; il a entendu parler du météore, mais dans les régions équatoriales on n'a rien remarqué ni rien vu; les deux aurores ne se joignirent donc pas.

M. Silbermann a fait de son côté une étude sur les aurores polaires; il fonde leur manifestation sur l'existence de marées atmosphériques; il en déduit la présence d'essaims d'astéroïdes à proximité du globe terrestre. Du moment que la cause des aurores est cosmique, dit-il, il n'est pas étonnant que ces phénomènes aient lieu simultanément dans les deux hémisphères. Chaque essaim, lors de son passage à proximité de la terre, doit donner lieu à la formation d'une onde de marée, d'où résultent, durant la nuit, des aurores lumineuses, et pendant le jour, des aurores nuageuses. Il ressort des raisonnements de Mairan, qu'il admettait l'existence d'aurores polaires pendant le jour. Arago et Laugier, le dimanche 24 juin 1844, à 8 heures 30 minutes du soir, ont observé une aurore de jour. Cette aurore est apparue dans le sud, et son segment obscur bordé de son arc lumineux, au lieu de descendre à l'horizon sud, s'est, au contraire, élevé graduellement jusqu'à disparaître par son passage au zénith.

Si donc, il y a eu recrudescence quant au nombre et à la grandeur des facules et des taches solaires, depuis trois ans, accompagnées de l'apparition d'immenses protubérances et de gerbes brillantes sur les bords du disque du soleil, ainsi que cela résulte des observations du P. Secchi, de MM. Tacchini, Lœkyer et de tant d'autres habiles observateurs, loin d'en voir la cause dans la coïncidence de ces faits avec les apparitions d'aurores, il est bien plus naturel d'y voir une analogie de faits subjectifs à des causes communes extérieures, c'est-à-dire cosmiques. Cela prouverait donc plutôt que l'atmosphère du soleil est soumise aux mêmes causes agissantes, et y est au moins tout aussi sensible que celle de la terre.

Les formidables protubérances qu'on remarquait en 1872 sur les bords du disque solaire, semblèrent à M. Silbermann n'être autre chose que des ondes de marée de l'atmosphère solaire, et les facules les rayons de l'aurore perpétuelle et bienfaitrice due aux passages périhélies des essaims d'astéroïdes le long de leur orbite elliptique très-allongée, c'est-à-dire identique à celle des comètes, comme M. Schiaparelli l'a démontré. M. Silbermann a examiné minutieusement et à plusieurs reprises : 1° à l'aide de l'hélioscope de M. Porro; 2° avec les grandes lunettes de l'observatoire, la physionomie très-caractéristique du bord des taches solaires, ainsi que celle des facules. Certaines taches lui ont produit l'effet, les unes de révéler l'existence des cyclones, et les autres d'être de simples trouées, ainsi que les nuées orageuses en montrent souvent. Ces phénomènes si bien étudiés par MM. Chacornac, Nasmyth, Carrington, Huggins, etc., et surtout les beaux dessins de M. Tacchini, à Palerme, nous montrent des nuages presque identiques en tous points à ceux de notre atmosphère.

M. de Larive, le savant physicien de Genève, fit également un travail à propos de l'aurore polaire du 4 février 1872. Occupé à réunir les nombreux travaux qu'il a exécutés sur ce sujet depuis vingt ans, ce célèbre savant (mort maintenant) a ajouté quelques considérations à ce qui a été publié. D'accord avec la plupart des physiciens, il persiste à considérer les aurores polaires comme un phénomène qui se passe dans l'atmosphère, car sa lumière ne se déplace jamais par rapport

à l'observateur; elle est due à l'électricité provenant des régions équatoriales. Ce savant rappelle les nombreuses observations faites dans les régions polaires où l'aurore se manifeste tout près du sol et est accompagnée d'un bruit de crépitation, et de production d'ozone, résultant de la transmission de l'électricité. On se rappelle qu'au mois de décembre 1870, un aéronaute parti de Paris et arrivé en Norvège, remarqua ce bruissement, ainsi qu'une odeur de soufre presque asphyxiante.

Une autre étude faite en 1868 au pôle nord, confirme la théorie de de Larive. En 1849, il a montré l'action du magnétisme sur les jets électriques lumineux transmis à travers des tubes raréfiés, ce qui explique comment l'action magnétique du globe terrestre agit sur la disposition de ces jets électriques. Toutes les théories tendent à attribuer une origine cosmique aux aurores polaires; quelques-unes veulent assimiler cette origine à celle de la lumière zodiacale; quant à la coïncidence avec l'apparition des étoiles filantes, rien ne l'a constatée. Toutes ces théories sont vagues. Les points capitaux de cette question sont au nombre de deux : l'analyse spectrale de la lumière et l'influence des taches solaires sur l'apparition du météore. La raie jaune-verte ne paraît pas avoir été trouvée dans la lumière des gaz incandescents; d'où l'on conclut que l'aurore ne se produit pas dans les régions atmosphériques. Mais on ne peut tirer de comparaisons certaines entre les deux genres de lumières. D'ailleurs on est parvenu à retrouver dans les gaz la plupart des raies de l'aurore, en affaiblissant suffisamment l'intensité de leur lumière. C'est surtout dans l'azote qu'on a trouvé les raies de l'aurore, et en particulier la plus brillante; la présence de cette raie dans l lumière zodiacale ne fait que prouver l'existence de ce gaz dans cette lumière. On a remarqué que les aurores polaires coïncidaient avec les maxima des taches solaires. C'est l'intensité des aurores qui varie et non leur nombre; c'est pourquoi il y a des époques où ces phénomènes ne se voient pas dans nos latitudes; c'est dans le soleil même qu'on va chercher l'origine de cette électricité; mais la théorie électrique des aurores en est indépendante.

Explication des aurores polaires et des apparences cométaires. — Les grandes lois de la mécanique céleste, condensées dans le principe de l'attraction universelle, ne sont pas, à elles seules, capables d'expliquer tous les phénomènes célestes. Les apparences si extraordinaires présentées par les comètes ont obligé les théoriciens à chercher une autre cause pour expliquer les particularités et les phases qui signalent l'apparition de ces astres. En effet, le plus souvent, les comètes se montrent sous l'aspect d'une nébulosité ou d'un noyau, et, à mesure qu'elles se rapprochent du soleil, en voit une ou plusieurs queues se former dans le sens du rayon vecteur de l'astre et opposé à la direction des rayons solaires. La matière cométaire est donc animée d'un mouvement répulsif immense, s'exerçant par conséquent contrairement à l'attraction du soleil et produisant des queues dont l'étendue peut atteindre quarante et soixante millions de lieues. La formation des queues cométaires, au moment où elles reçoivent du soleil des flots de chaleur, se produit dans un intervalle de quelques jours seulement. La matière dont elles sont formées est celle de la nébulosité elle-même, et cette matière est repoussée par le soleil avec une vitesse qui est douze ou treize fois égale à l'attraction de cet astre. Mais chose bien digne de remarque, cette force répulsive solaire ne s'exerce que sur des gaz extrêmement raréfiés, comme le sont les vapeurs qui s'échauffent autour du noyau d'une comète. Ainsi, voilà un fait particulier aux comètes, savoir : formation de queues d'une étendue immense, dont les matériaux fournis par le noyau sont d'une densité extrêmement faible. Cette formation est très-rapide et a lieu dans le sens opposé au soleil.

Un second fait, non moins saillant, distingue les comètes des autres corps planétaires : c'est la lumière propre qui leur appartient. Indépendamment de la lumière solaire qu'ils nous renvoient, ces astres émettent par eux-mêmes une lumière que nous recevons directement. Ce phénomène est parfaitement constaté par l'analyse spectrale, laquelle nous montre pour les comètes, outre la lumière provenant de l'illumination solaire, une autre lumière caractérisée par les raies brillantes d'un spectre continu, ne pouvant provenir que de l'incandescence de particules gazeuses.

Si nous pouvions voir notre terre de loin, elle nous présenterait aussi deux spectres ; celui de la lumière solaire qu'elle réfléchit, et dans la partie obscure, vers les pôles, le spectre discontinu de ses aurores polaires ; car cette dernière sorte de lumière appartenant en propre à notre planète, elle ne l'emprunte pas au soleil.

On voit tout de suite quelle sorte d'analogie existe entre la terre et une comète, sous le rapport de la lumière propre qu'elles émettent l'une et l'autre.

Tâchons donc d'expliquer, avec M. Faye, la formation des aurores polaires sur la terre, et cherchons à comprendre la cause de l'incandescence qu'elles manifestent. Cette étude nous montre une fois de plus, la fécondité de l'imagination de l'éminent astronome qui s'est emparé du soleil pour nous en montrer les richesses, pour ainsi dire.

Reportons-nous encore aux comètes ; leur faible incandescence ne saurait être produite par la chaleur émanée du soleil ; car si cela était, il n'y aurait pas de raison qui pût empêcher des effets analogues de se manifester sur notre globe, tandis que rien de pareil n'y arrive.

M. Faye croit que si l'on posait un écran en travers de la queue d'une comète, les particules qui la composent, en frappant cet écran, deviendraient subitement incandescentes. Or, le noyau, dit-il, est justement un écran que viennen heurter les molécules antérieures de la nébulosité, tandis que, autour de lui, d'autres molécules non arrêtées par cet obstacle fuient rapidement en arrière et vont former la queue ; il y a donc un double effet produit : les phénomènes de mouvement libre, c'est-à-dire formation de la queue, et les phénomènes de mouvement arrêté par le noyau, c'est-à-dire production locale de chaleur et de lumière.

Revenons maintenant sur notre terre. Les couches les plus élevées de son atmosphère offrent seules quelque analogie avec les nébulosités cométaires. Dans les couches supérieures de l'atmosphère, l'air est d'une rareté excessive, tout en obéissant à l'attraction de notre globe, ce qui empêche cet air de s'éloigner en forme de queue ; et en cela réside une différence essentielle entre la terre et les comètes ; chez celles-ci l'attraction de leur très-petite masse est insuffisante pour s'opposer à l'action répulsive solaire dont il a été question. Cette différence n'empêcherait pas les couches supérieures de l'atmosphère terrestre de produire quelques effets lumineux semblables à ceux des comètes, si la force répulsive communiquait, en certaines régions de ces couches, une vitesse suffisante qui vient s'annuler dans d'autres régions terrestres.

Les phénomènes de réfraction ne demandent pas à notre atmosphère une hauteur dépassant 40 kilomètres. Le crépuscule tend à élever un peu ce nombre. Mais l'incandescence des étoiles filantes a reculé considérablement les limites de l'atmosphère de la terre. Il est à croire que la limite extrême est là où l'air est plus rare que dans le vide des machines pneumatiques, que cette limite répond à un milieu d'une densité comparable aux nébulosités des comètes.

En considérant la forme de cette limite extrême, M. Faye lui attribue une forme non sphérique. Il se fonde sur ce que les couches d'air importantes, celles dont le baromètre nous indique les affections, présentent aux deux pôles, un

minimum de pression bien caractérisé et des maxima ne coïncidant pas avec l'équateur. En outre, elles s'étendent en hauteur, ou se resserrent inégalement, suivant la répartition des températures et des radiations qui leur viennent, soit du soleil soit du sol échauffé le jour et refroidi la nuit. Il doit en être de même, à plus forte raison, de ces couches extrêmes que nous considérons ici. Elles subissent, en outre, du côté du soleil, côté où elles doivent s'élever le plus une certaine action répulsive, qui se traduit centralement par une faible pression, et sur les bords par un mouvement. La couche limite de l'atsmosphère, dont la température doit être pourtant assez éloignée du zéro absolu, a donc une forme assez complexe et fluctuante; plus élevé du côté du soleil que du côté opposé, mais avec une courbure moindre, et présentant, surtout, comme les couches inférieures, mais à un degré bien plus marqué, une dépression de chaque pôle du côté de la nuit, là où le soleil et les couches inférieures rayonnent le moins vers le ciel.

S'il en est ainsi, les parties superficielles des bords de l'hémisphère tourné vers le soleil, réduites à une rareté excessive, subiront l'action de la force répulsive. Chassées tangentiellement, elles prendront une vitesse notable au bout d'une heure ou deux, et arrivées à la dépression voisine des pôles, elles ne trouveront plus de résistance. Lancées dans le vide, elles le dépasseront en vertu de la forte courbure que l'attraction prépondérante de la terre imprime à leurs trajectoires. Elles rencontreront donc avec une vitesse croîssante la su face limite de l'atmosphère ou de la dépression. et si leur vitesse s'élève à quelques centaines de mètres par seconde, le choc incessant de ces particules mobiles contre les particules fixes, donnera lieu à une production de lumière. La faible illumination qui en résultera pour nous aura le caractère propre de l'incandescence gazeuse.

Ce phénomène n'aura pas lieu également tout autour de notre globe. Dans les régions un peu éloignées des pôles, il n'existe pas de vaste dépression à franchir : les molécules du bord de l'hémisphère éclairé, rencontreront dans tout leur trajet l'obstacle d'une couche continue, et ne pourront acquérir la même vitesse qu'aux pôles. Si donc il y a ainsi production de lumière, ce sera, en général, vers les pôles seulement et surtout au pôle qui se trouve privé de lumière solaire.

Ainsi serait expliquée la forme régulière des aurores polaires, dont la simple perspective produit de si singuliers effets, et dont la constance est telle, qu'il n'y a pas de nuit où les habitants des régions glacées ne soient témoins de ces jeux si variés de la lumière.

XV. — **Les régions polaires. — Le gulf-Stream. — Voyages au Nord.**

Depuis la découverte du Nouveau Monde, notre globe a été exploré dans tous les sens; les plus petites îles, les moindres récifs ont eu leurs positions marquées sur les cartes géographiques, à l'exception des deux régions extrêmes du pôle nord et du pôle sud; jusqu'ici ces régions sont restés inaccessibles à l'homme; aucun des navigateurs qui ont tenté d'y pénétrer n'a pu réussir dans son entreprise.

Le pôle nord, principalement, est devenu le point de mire des explorateurs modernes. En naviguant dans ces parages, ils espèrent réaliser un projet dont l'exécution n'a été jugée réellement possible que depuis dix ou douze ans.

Une mer libre existerait dans la zone polaire arctique; et cette opinion est

fondée sur des considérations qui lui donnent une grande probabilité. Contourner le plus favorablement possible la partie nord du continent américain, en arrivant dans l'Océan glacial par la baie de Baffin, pour revenir par le détroit de Behring, ou inversement, tel est le grand problème dont la navigation voudrait donner la solution,

L'issue de voyages qui réveillent le triste souvenir de l'expédition du capitaine Franklin, n'a pas découragé les promoteurs de cette entreprise, l'une des plus audacieuses qu'il soit donné à l'homme de concevoir. Un jeune savant, mort glorieusement sur la brèche, en combattant à Paris contre les Allemands, Gustave Lambert, employait toute son énergie pour exécuter, dans des conditions qu'il a déterminées lui-même, un voyage au pôle nord. L'intérêt de son projet n'ayant fait que croître, nous l'exposerons ici, en établissant d'abord sur quelles bases on peut fonder l'espoir de pénétrer dans cette partie du monde, complétement inconnue.

Dans le pays des Esquimaux circule, à peu près suivant la direction du sud ou nord, le fleuve Mackensie, dont l'embouchure atteint presque le 70e degré de latitude.

On voyait souvent de nombreuses troupes d'oiseaux quitter les rives de ce fleuve et prendre leur vol vers la partie septentrionale de l'horizon. N'étaient-ils pas appelés dans ces lointains parages par un climat favorable à leur séjour?

L'étude des courants marins a fourni l'explication de ce fait. L'existence de ces courants était constatée, car des bois charriés par le Mississipi remontaient du golfe mexicain jusqu'au banc de Terre-Neuve. Le thermomètre, plongé dans ces eaux, indiquait des masses liquides chaudes d'une grande étendue, au-dessous desquelles la température allait en décroissant jusqu'à une limite voisine du degré de la glace fondante.

L'examen du plus remarquable des courants marins a commencé à être fait sérieusement par le lieutenant Maury; l'étendue et la direction de ce fleuve ont été fixées assez exactement. Le *Gulf-Stream*, c'est ainsi qu'on le nomme, est une nappe immense et intarissable d'eau chaude, circulant avec une grande rapidité au fond de l'Océan Atlantique.

Ce courant a son origine sur la côte occidentale de l'Afrique et se divise en plusieurs branches avant d'atteindre l'équateur. La principale de ces branches s'élargit en côtoyant la Guyane, et pénètre dans la mer des Antilles, où elle se bifurque. L'une de ces parties entre dans le golfe du Mexique et rejoint l'autre branche à la sortie du détroit de la Floride. Le courant continue son cours vers le nord, le long des côtes américaines, puis il arrive au banc de Terre-Neuve pour se diriger à l'est et s'étaler ensuite sur les côtes de l'Europe occidentale. Une seconde bifurcation s'établit alors, une portion se dirige vers le Portugal et retrouve le courant équatorial, l'autre portion continue sa marche au nord et revient sur ses pas, tandis que la plus grande partie de ses eaux s'introduit dans la mer Polaire, après avoir longé la Norwège, ou en passant entre l'Irlande et le nord-ouest de la Grande-Bretagne.

Le circuit du *Gulf-Stream* est d'environ 7500 lieues; sa largeur, de 15 lieues à sa sortie du golfe mexicain, va en augmentant jusqu'à plusieurs centaines de lieues; sa profondeur est d'au moins 300 mètres, et sa température atteint 26 degrés au delà du 40e parallèle.

Mais ce n'est pas tout : des courants descendants viennent du nord, et cela est nécessaire pour que l'équilibre soit maintenu. Ces contre-courants sont donc dirigés en sens contraire des premiers, pour ramener dans les régions tropicales les eaux froides des régions polaires. Le détroit de Davis donne issue à des masses de glace qui arrivent jusqu'à Terre-Neuve, où leur fusion s'opère, au point de la rencontre des deux courants contraires, l'un d'eau chaude, l'autre

d'eau froide. Le courant venu du pôle se partage aussi en cet endroit en deux parties : l'une continue sa route au-dessous du courant chaud, et l'autre reste à la surface pour venir longer les côtes américaines.

On comprend dès lors l'effet qui doit en résulter sur le climat de l'Europe occidentale et sur celui de l'Amérique nord orientale : la chaleur apportée par le *Gulf-Stream* donne au premier littoral une température dont la douceur contraste avec la rigueur du froid qui règne au nord-est de l'Amérique.

C'est ainsi que le pôle arctique est le centre d'un renversement de courants; et l'action de la chaleur apportée par les eaux chaudes, remontant à la surface, s'y manifeste par un amoindrissement notable de la rigueur des saisons dans ces latitudes extrêmes.

Mais pour bien saisir les effets généraux des variations de la température à la surface du globe, pour caractériser les climats, il faut en signaler l'origine : elle réside dans l'influence exercée par la direction des rayons solaires.

Un observateur placé à l'un des pôles terrestres, verrait les étoiles tourner constamment autour de lui, chacune d'elles restant toujours à une même hauteur au-dessus de son horizon, qui est l'équateur. Au pôle nord, le sens de ce mouvement diurne a lieu de gauche à droite ; au pôle sud, il se produit de droite à gauche. On peut aisément se rendre compte de cette apparence, en se souvenant que la terre est une sphère qui tourne régulièrement en vingt-quatre heures autour d'un axe ou diamètre, dont les extrémités percent la surface aux deux pôles, et dont la position peut être considérée comme étant à peu près invariable.

Plus on approche de l'un des pôles, du pôle boréal, par exemple, plus l'alternation des jours et des nuits s'accentue avec un aspect singulier. En partant du moment où les rayons solaires arrivent de l'équinoxe du printemps, un observateur de l'hémisphère boréal, avançant vers le pôle correspondant, voit les jours plus longs que les nuits, et leur augmentation est plus rapide que s'il restait stationnaire. Il finit par voir le soleil tourner autour de son horizon, sans se coucher; les jours acquièrent une durée de plusieurs semaines, de plusieurs mois; et, s'il pouvait parvenir jusqu'au pôle, il observerait l'astre lumineux pendant six mois planant au-dessus de l'horizon, en se levant progressivement depuis ce cercle jusqu'à 23 degrés et demi environ de hauteur, durant trois mois, pour s'abaisser ensuite jusqu'au même cercle dans un laps de temps à peu près égal, c'est-à-dire jusqu'à l'équinoxe d'automne. La courbe apparente ainsi tracée par le soleil affecte donc la forme d'une spirale, d'abord ascendante, puis descendante. Pendant les six autres mois de l'année, le soleil resterait caché pour notre observateur polaire, car ce temps est celui qui marque les phases précédentes dans l'autre hémisphère.

Pour les régions circompolaires, le soleil ne tourne plus dans des plans parallèles à l'horizon, mais bien dans des plans inclinés à ce cercle ; et, comme dans une révolution diurne et sur un même parallèle, il a des hauteurs inégales, à cause de son mouvement de translation, il finit, après le solstice d'été, par disparaître pendant une partie croissante de sa course journalière, avant de devenir tout à fait invisible.

Ainsi, pour divers points de la terre non symétriquement placés, les jours suivent des périodes différentes de croissance et de décroissance ; mais pour un lieu déterminé quelconque, les durées des jours et des nuits sont alternativement égales, à six mois de distance, et, relativement, il en est de même pour la position semblable dans l'autre hémisphère. D'où il résulte, abstraction faite de la différence de longueurs des saisons et de celle due à la réfraction, que la somme totale des temps pendant lesquels le soleil échauffe et éclaire un lieu

donné (dans le cours d'une année), est égale à six mois sur toute la surface du globe; c'est encore la somme des temps qui cachent le soleil.

Nous pouvons dire à présent que la cause principale des différences si grandes qui distinguent les climats, réside dans les variations d'inclinaison horizontale des rayons solaires. Dans le cours d'une année, la totalité de ces rayons reçue sur une surface donnée est d'autant moindre, qu'ils sont renfermés entre des limites plus éloignées du zénith, c'est-à-dire plus voisines de l'horizon; ce fait est d'autant plus saillant qu'on s'approche plus près du pôle.

Par exemple, à la latitude de Paris, l'inclinaison des rayons solaires sur l'horizon est, au solstice d'été et à midi, de 64° 37'; au solstice d'hiver et à la même heure, elle n'est plus que de 17° 42'. La différence est donc de 46° 55'; ou si l'on aime mieux et dans ces conditions, les distances du soleil au zénith sont respectivement 25° 23' et 72° 18'.

Tout est égal de part et d'autre de l'équateur; à une longueur de jour fixée par la hauteur variable du soleil correspond, au même moment, une longueur de nuit égale de l'autre côté de ce cercle, pour une position analogue à la première, toutes deux étant situées sur des parallèles dont chacun est également distant du pôle correspondant.

M. G. Lambert à soumis au calcul l'*insolation* ou quantité de chaleur versée par le soleil dans les divers lieux du globe, aux diverses latitudes, aux différentes heures et saisons.

La *puissance d'insolation*, en un lieu, à un moment donné, dépend de l'angle formé par la verticale de ce lieu avec la ligne qui aboutit au soleil, angle qui porte le nom de distance zénithale. Cette puissance d'insolation ne doit pas être confondue avec l'effet thermométrique qui en est la conséquence, mais qui dépend en outre d'autres causes relatives à ce que l'on entend par chaleur latente et chaleur sensible, pouvoir absorbant, pouvoir rayonnant, etc.

Aux environs du 22 juin, époque du solstice d'été, la puissance d'insolation va en croissant, depuis le cercle polaire jusqu'au pôle. A ce dernier point, le soleil reste sensiblement toute la journée à sa hauteur maximum sur l'horizon. Si l'on cherche les latitudes qui jouissent à ce moment de la même puissance d'insolation que le pôle, on trouve que cette puissance d'insolation moyenne au pôle nord, est la même que par la latitude de 25° sud. Cela ne veut pas dire que la température est la même par 25° sud et par 90° nord, puisque dans un cas, il y avait une grande quantité de chaleur emmagasinée pour suffire aux pertes du rayonnement; mais ce chiffre est au moins fort curieux et en même temps fort important.

Vers le 22 mai et le 22 juillet, les parallèles d'insolation égale à celle du pôle sont 66° nord et 33° sud.

Aux époques du 7 mai et du 7 août, ces chiffres deviennent 72° nord et 44° sud; puis, vers le 22 avril et le 22 août, ils sont 78° nord et 57° sud.

Enfin, aux équinoxes, vers le 22 mars et le 22 septembre, le pôle ne reçoit pas de chaleur.

En arrivant dans les mers polaires, les navires rencontrent des bancs de glace qui les entraînent ordinairement avec eux; ils dérivent avec les *banquises*, sortes de ceintures de glace, empêchant l'abord de la zone polaire. En été, ces glaces sont poussées par les vents du nord; en hiver, les vents du sud les repoussent vers le pôle d'où elles étaient venues. Le lieutenant Haven parcourut presque 300 lieues dans la direction du sud, emporté par une banquise, dont la superficie était d'au moins 300 milles carrés.

En 1854, le docteur Kane partit de New-York pour se diriger vers le nord. Il pénétra dans le détroit de Smith, en glissant aux milieu des écueils, et atteignit le 79 degrés de latitude; il n'était plus distant du pôle que de 11 degrés. C'est

là qu'il hiverna; il y fut témoin d'une nuit de 120 jours de durée; l'intensité du froid était assez grande pour congéler le mercure. Morton faisait partie de l'expédition; il s'en détacha en compagnie d'un Groënlandais et parvint à l'extrémité nord du détroit, après avoir franchi de formidables barrières de glace. Cet intrépide marin gravit une montagne et put dominer l'horizon, lorsque le brouillard se fut dissipé. A son grand étonnement, il vit une mer libre formée par l'élargissement des bords du détroit de Smith et s'étendant à perte de vue. En même temps, la végétation semblait renaître, et la présence de nombreux oiseaux et d'autres animaux attestait le règne d'une chaleur vivifiante qui s'exhalait du sein des eaux, dont le flux et le reflux manifestaient la présence du courant sous-marin venu de l'Atlantique.

Après un examen minutieux de la question qui nous occupe, M. G. Lambert fut conduit aux deux conséquences suivantes : La mer polaire n'est pas constamment recouverte d'une tunique de glace pendant la saison favorable, et il est possible de pénétrer dans cette mer avec un navire. De plus, il est permis d'affirmer une mer libre au pôle nord et un continent au pôle sud.

La première de ces conséquences est étayée sur des chiffres déduits des lois d'*insolation*.

La dernière affirmation s'appuie sur des considérations relatives aux *courants* et aux *glaces*.

En 1872, Parry et son lieutenant Ross avaient essayé, dans le nord-ouest du Spitzberg, de gagner le pôle en traîneau en croyant à l'existence d'une croûte glacée continue. La dérive des glaces leur faisait perdre tout le chemin qu'ils avaient pu faire. Donc il existait un courant allant du nord au sud. Un courant ne peut pas sortir d'une terre; il peut contourner une côte, s'infléchir suivant sa direction, se bifurquer, mais non pas jaillir d'un mur. Vers le pôle sud, au contraire, le seul voyage qui mérite réellement attention, celui de John Ross, ne constate pas de courant allant du sud au nord ou refoulant un navire loin du pôle sud.

La présence de grandes glaces permanentes sur un point permet d'affirmer le voisinage de terres à glaciers. La présence de glaces étendues en surface, mais d'une faible hauteur permet d'affirmer une vaste superficie de mer libre; et s'il se mêle de hautes glaces à ces banquises plates, ce sont les courants qui les amènent, et quelquefois de fort loin. Les glaces possèdant une grande hauteur subissent aussi, d'une manière remarquable, l'action des vents régnants.

Or, dans la mer Arctique, au-dessus du détroit de Behring, on ne voit que des glaces ayant à peine un ou deux mètres au-dessus de l'eau, et présentant parfois une étendue superficielle de plusieurs kilomètres. Donc cela constate une *vaste mer libre*, sans terres, commençant au détroit même de Behring et ne possédant que des îlots isolés ou des pitons.

Au contraire, autour du pôle sud, Ross a rencontré et franchi une ceinture de glaces de hauteur colossale. Donc cela constate, en s'ajoutant à l'absence de courants refoulant au nord, la présence de terres glaciaires et probablement un continent compacte et montagneux. Les terres étant moins favorables que l'eau pour transformer la chaleur d'insolation en chaleur thermométrique, il doit faire plus froid au pôle sud qu'au pôle nord.

G. Lambert a ensuite précisé les motifs qui doivent faire préférer la voie de Behring, à l'encontre des deux autres voies recommandées par les marins de l'Angleterre et les savants de l'Allemagne.

Le projet anglais, proposé par le capitaine Sherard Osborne, est fondé sur l'hypothèse que la croûte glacée continue, recouvrant toute la calotte polaire, est vraie, malgré l'opinion même de Parry. La voie du Groënland devrait être prise, et le détroit de Smith ayant été suivi en navire aussi loin que possible,

on marcherait au pôle en traîneau. La longueur du trajet n'excède pas 900 kilomètres.

Dans le projet allemand, M. Petermann recommandait, au contraire, la direction que suit le Gulf-Stream, afin d'atteindre le pôle sans quitter le navire, la mer devant être libre.

L'avis de M. Petermann fut appuyé par les amiraux Belcher et Ommaney, le général Sabine, le capitaine Inglefield.

Les amiraux Back, Mac Clintock et Collinson persistèrent dans leur première opinion.

L'amiral Collinson, commandait précisément l'*Entreprise*, dans l'une des plus belles campagnes du nord, ayant sous ses ordres l'*Investigator*, commandant Mac Lure. Celui-ci, ayant pu atteindre Behring le premier, après une traversée inouïe de vitesse et qui fait époque dans les fastes maritimes, s'engagea immédiatement dans le chemin du Nord-Amérique, et eut l'honneur de revenir en Angleterre par l'Atlantique, mais non pas, il est vrai, avec l'*Investigator*, qui dut être abandonné dans les glaces après trois hivernages.

L'amiral Collinson ne put forcer la barrière de glaces qui avaient déjà dérivé beaucoup plus au sud qu'au moment où Mac Lure avait doublé le cap Barrow; si cet habile et intrépide marin s'était retourné vers l'ouest, après avoir rejoint les deux navires *Herald* et *Plower*, qui stationnaient auprès des îles de leur nom, peut-être eût-il eu le premier l'honneur de naviguer dans la mer libre du pôle, précisément par la route où G. Lambert comptait parvenir au but.

Le nœud gordien de la question était, pour lui, de *fuir les terres*, autant que faire se pouvait. Par la voie de Behring, disait-il, on entre de plein saut dans la mer polaire même, et où les glaces sont toutes plates et basses, attestant de vastes superficies d'eau libre.

Quant au remarquable et hardi projet de Sherard Osborne, G. Lambert ne le croyait pas praticable en été; en hiver son succès serait certain. En supposant qu'on trouvât un moyen mécanique pour faire mouvoir de grands traîneaux, la passe de Behring serait encore préférable, comme présentant des surfaces glacées tout d'une pièce, des glaces unies et moins accidentées que dans les parages où sont les groupes d'îles. Il reste à savoir si, en hiver, la rigueur du climat ne serait pas un empêchement invincible, malgré toutes les ressources de l'activité physique et morale. Pour le pôle sud, au contraire, il faudrait préférer le projet Sherard Osborne.

G. Lambert se faisait fort, autant du moins qu'une affirmation de ce genre peut sortir d'une bouche humaine, d'atteindre le pôle nord en navire, et le pôle sud en traîneau, ou avec un mode de locomotion quelconque. Dans ce dernier cas, il se pourrait que de profondes échancrures dans les terres, permissent d'arriver près du but avec des embarcations.

Aucune ressource, aucun moyen pratique n'avait échappé à G. Lambert. Profondément pénétré de son idée, il l'envisageait en praticien qui avait déjà vu les froides et arides régions polaires et en théoricien familier avec les procédés d'une science exacte et positive.

Nous ne discuterons pas les avantages et l'opportunité d'un voyage au pôle nord, on a proclamé assez hautement et assez souvent les bienfaits résultant du progrès des sciences; on connaît suffisamment l'utilité des observations relatives à la physique du globe, à la météorologie, à la climatologie, à l'histoire naturelle, pour que nous soyons dispensé de faire ressortir les conséquences qui doivent résulter d'un séjour plus ou moins prolongé au pôle boréal, et de la découverte d'un passage praticable à travers l'Océan glacial Arctique.

Indépendamment de la constatation de l'état climatologique de ces parages, qui apprendra si la douceur présumée de la température est due à l'influence

des eaux du Gulf-Stream, surgissant à la surface de la mer, les explorateurs auront à faire de nombreuses observations scientifiques, parmi lesquelles nous citerons seulement celles relatives au pendule.

La longueur maximum du pendule à secondes étant fixée expérimentalement, on en déduira la valeur maximum de la pesanteur. Le plan des oscillations du pendule paraîtra se déplacer d'orient en occident, pour effectuer une rotation entière en 24 heures sidérales; ce sera une nouvelle vérification de la rotation de la terre.

En 1875, le professeur Nordenskiold entreprit une expédition scientifique à la Nouvelle-Zemble, sur le *Proefven*. Deux ans auparavant, ce savant navigateur avait déjà hiverné dans les régions polaires. Le nouveau voyage a duré du mois de juin au mois d'août; il a été accompli avec succès. Parti de Tromsoë le 8 juin 1875, le *Proefven* fut arrêté par un vent contraire dans les îles qui bordent cette partie de la Norvège. Il quitta le 14 juin seulement le détroit de Fugloë pour gagner le large. Après avoir doublé le cap Nord, l'expédition se dirigea au sud de la Nouvelle-Zemble; le 21 du même mois, elle y abordait un peu au nord du cap Severo Gussinoir Mys. Malgré la ceinture de glace contournant la Nouvelle-Zemble, on longea sa côte occidentale et on arriva au détroit Matotchkin Scharr qui la partage en deux parties. Les glaces forcèrent les voyageurs à revenir au sud, pour entrer dans la mer de Kara, où on pénétra par le détroit de Jugor, le 25 juillet. Le navire fut ensuite dirigé vers le centre de la presqu'île qui sépare la mer de Kara du golfe de l'Obi, à la station Jalmal, où on débarqua le 8 août. On continua à avancer au nord; vers le 75• degré de latitude, des massifs de glace, disposés comme de grandes plaines, opposaient un obstacle impénétrable. M. Nordenskiold se dirigea sur le côté septentrional de l'embouchure du Jénisei, où il arriva le 15 août.

Cette expédition a fourni d'importants résultats scientifiques, au point de vue de la géologie et de l'histoire de la vie animale et végétale à ces hautes latitudes. M. Daubrée reçut communication d'une lettre adressée à M. Oscar Dickson, daté de Gothembourg; cette lettre fut apportée par le *Proefven* qui retourna en Norvège. M. Nordenskiold pénétrait dans la Sibérie en remontant, dans une embarcation, le fleuve Jenisei. En exécutant aussi rapidement le trajet de la Norvège à la Sibérie, ce célèbre navigateur a, suivant les expressions de sa lettre, « atteint le but que de grandes nations maritimes, hollandaise, anglaise et russe, ont vainement cherché pendant des siècles, et cela, parce qu'on choisissait une saison inopportune pour la navigation dans ces mers. Quant à moi, dit en terminant M. Nordenskiold, c'est ma conviction bien arrêtée qu'une nouvelle route de commerce a été ouverte, fait dont l'importance frappe les yeux de quiconque marquera d'une couleur spéciale, sur une carte de l'Asie, ces vastes pays où les fleuves Obi, Jrtisch et Jenisei forment avec leurs affluents, autant de grandes voies de communication. »

Le même jour M. Nordenskiold levait l'ancre pour remonter le fleuve Jénisei, le 19 août 1875. M. Kjellman, à qui la direction du *Proefven* avait été confiée, faisait de même pour retourner en Norvège et suivre à peu près la voie qui venait d'être si heureusement inaugurée.

Le 16 octobre 1876, M. Daubrée communiquait à l'Académie des sciences, l'itinéraire du double voyage exécuté par M. Nordenskiold entre la Norvège et la Sibérie, en 1876, sur l'*Eymer*.

La brillante réussite de l'exécution de 1875 contrastait tellement avec les nombreux insuccès auxquels avaient abouti, depuis plus d'un siècle, de nombreuses entreprises de grandes nations maritimes, qu'on devait se demander si ce n'était pas par suite d'une circonstance exceptionnelle et momentanée que

les glaces flottantes, dont la disposition varie d'une année à l'autre, avaient été aussi favorables à un passage.

M. Nordenskiold résolut d'éclaircir cette question importante sans retard; aussitôt son retour de l'Exposition de Philadelphie, il entreprit de recommencer ce voyage, avec le bateau à vapeur l'*Eymer*. Cette seconde expédition a complétement réussi.

La carte dressée par l'éminent navigateur, représente toute la région sur laquelle s'étendent les belles observations de l'année 1875; de plus, il a tracé à la main, à côté des deux routes de 1875, les itinéraires détaillés, jour par jour, d'aller et de retour suivis pendant l'été de 1876. On voit que le 27 juillet, le navire se trouvait encore en vue de la côte du nord-est de la Norvège, sous le méridien de Vardohuns; le 30 du même mois, il entrait dans le détroit de Matoschkin, dont il sortit le 31 juillet; puis, après avoir longé la côte méridionale de la mer de Kara, et le promontoire de Jamal, il débarquait le 16 août à l'amont de l'embouchure du Jenisei et sur la rive droite du fleuve. Le bâtiment reparti le 1er septembre, gagna le nord et dépassa le 75e degré de latitude; le 7 il atteignait la partie orientale du détroit de Matoschkin, et le 16 il se trouvait de nouveau à proximité des côtes de Norvège, sous le parallèle de Vardohuns. La rapidité de ces deux voyages, le premier en 24 jours, le second en 18 jours, présage encore mieux que la première expédition, l'importance de la voie désormais ouverte, par celui que les habitants de la Sibérie ont appelé leur Christophe Colomb, dans leur sentiment de reconnaissance pour la communication inattendue que M. Nordenskiold paraît avoir ouverte à leur commerce.

MACHINES A VAPEUR

LOCOMOTIVES, LOCOMOBILES, FIXES & DEMI FIXES

PREMIÈRE PARTIE

MACHINES LOCOMOTIVES

Par M. J. Gaudry

(collaboration de MM. J. Morandière et E. Luchard)

INTRODUCTION

En faisant en 1867, le compte-rendu de l'Exposition universelle dans la publication dont la présente est la suite, nons ne nous sommes pas bornés à décrire les machines exposées.

Recueillant nos documents sur celles qui auraient aussi pu venir au palais du Champ-de-Mars, nous avons considéré l'industrie dans son ensemble. Laissant de côté l'histoire du passé souvent faite et les principes généraux sur lesquels le lecteur est édifié, et qui sont d'ailleurs l'objet des traités, nous nous sommes appliqués à préciser les tendances et les principes qui prévalaient alors parmi les ingénieurs.

C'est le même cadre qui va être donné encore cette fois à nos comptes-rendus. Nous exposerons l'état présent de l'industrie des machines à vapeur, aussi vrai, aussi impartial et complet qu'il nous sera possible, ne touchant pas aux personnalités, et même évitant de décider sur le mérite des produits, laissant cette décision au lecteur; il sera le juge, nous ne voulons être que le rapporteur, mettant sous ses yeux les pièces à apprécier.

Notre étude embrassera les diverses classes de machines à vapeur, nous commençons ici par les locomotives.

L'Exposition de 1878 qu'on a pu croire moins riche que les précédentes en cette classe, nous en offre maintenant la collection aussi complète que variée, depuis la *Crampton* de l'Est jusqu'à la locomotive minuscule de Decauville. On en compte 59 disséminées au Champs-de-Mars et au Trocadéro, y compris les machines pour tramways, plus une multitude de modèles et dessins. Elles se répartissent comme suit par nation :

France.	32
Belgique	8
Angleterre	7
Autriche.	4
Suisse	4
Suède.	2
Italie	1
États-Unis	1

L'Allemagne a persisté à refuser son concours à notre exposition industrielle, au risque de laisser dire qu'elle avait peur de s'y mesurer avec ses

concurrents. Répondons à son animosité par la justice, ce sentiment si français, et n'hésitons pas à dire que ses constructeurs dont nous avons remarqué en 1867 les œuvres si finies, sont toujours dignes de leur réputation. Mais elles ont moins qu'autrefois un caractère particulier, et pour ainsi dire national.

Nous verrons que pour les wagons, l'Allemagne donne le ton à toute l'Europe et que les français ne craignent pas de s'inspirer d'elle. Pour les locomotives, dût le chauvinisme allemand s'indigner, il est incontestable que la machine germanique s'assimile de plus en plus à la machine française. Les spécimens de la première nous ayant été refusés, nous irons les chercher au-delà de nos frontières, et à l'Exposition même, le visiteur portera ses regards comparatifs sur les locomotives autrichiennes, suisses et belges qui leur ressemblent, tout en tenant quelques particularités des Anglais, qui plus que jamais se personnifient dans leurs types.

Nous prendrons ci-après chaque locomotive exposée et ayant pu l'être, et nous préciserons ce qui la particularise ; apprécions d'abord les locomotives dans leur ensemble.

Le premier fait que nous constatons d'abord partout, est la disparition de ce qu'on a appelé les *monstres*, c'est-à-dire ces machines énormes et aux formes étranges qui, aux précédentes expositions excitèrent tant de curiosité, depuis les locomotives de Trevithick (1851) et Blavier-Larpent (1855) qui avaient la chaudière sous l'essieu de roues gigantesques, jusqu'aux machines dites de fortes rampes de Petiet, à 12 roues, 4 cylindres, chaudière à réchauffeur tubulaire et cheminée couchée.

On est revenu, non-seulement aux anciennes formes classiques, mais aussi à des dimensions relativement modérées ; c'est en France, et en Autriche que sont en ce moment les plus grosses locomotives. L'Exposition nous en offre les spécimens dans les machines à 8 roues couplées et longue chaudière de Lyon et d'Orléans, de Cail, de Claparède et de Cockerill.

Elles sont établies pour les immenses trains à petite vitesse inconnues en Angleterre et inhérentes au continent sur des lignes d'ailleurs accidentées de fortes rampes.

Ce sont de très-puissants moteurs : soit 600 tonnes la charge de ces trains, et soit leur vitesse 30 kilomètres à l'heure ou 8 mètres en nombre rond par seconde ; soit enfin 5 kilog. l'effort de traction par tonne en plaine (expériences de Gooch, Brunel, Stephenson, Lechatellier, Perdonnet, Jacqmin, Vuillemin, Guébhard, Dieudonné etc.). On a le premier élément de la puissance motrice de ces machines par l'expression connue :

$$T = \frac{600^{t.} \times 5^{k.} \times 8^{m.}}{75^{km.}} = 320 \text{ chevaux en nombre rond,}$$

travail qui peut être doublé en rampe.

Quant à l'adhérence, cet autre élément de la puissance motrice d'une locomotive, le poids total de celle-ci étant d'au moins 44 tonnes utilisées entièrement sur les roues, si on estime cette adhérence au sixième du poids en conditions moyennes, on a 7500 kilog. de puissance adhérente, qu'on peut augmenter en cas de voie glissante, par le jeu des sablières aujourd'hui d'emploi général.

A ces conditions, nos chemins de fer devenus, hélas, comme en Allemagne un instrument de guerre, ont donc les puissants moteurs voulus pour emporter au moins par train 1600 hommes ou 300 chevaux avec bagages, à 500 kilomètres en 20 heures, arrêts compris.

Les locomotives à voyageurs et surtout les express sont aussi devenus très-puissantes et aptes à rendre leurs services en guerre ; soit 200 tonnes le poids du

train et 10 kil. l'effort de traction par tonne (mêmes expériences que ci-dessus) : cet effort total en plaine sera 2000 kilog. qui multipliés par la vitesse de 16 mètres par seconde (environ 60 kilom. à l'heure) donnera pour puissance motrice

$$T = \frac{200^t. \times 10^k. \times 16}{75} = 430 \text{ chevaux nombre rond.}$$

La puissance adhérente étant d'autre part environ 4000 kilog. en raison du 6e de la charge des roues motrices, on voit que le service militaire aura, même pour le transport rapide de ses états-majors et corps de reconnaissance, des trains d'au moins 300 hommes avec matériel, pouvant parcourir les 500 kilomètres ci-dessus en 9 heures, arrêts compris sans rien exagérer, sans jamais manquer de ce pouvoir adhérent, de cette puissance de démarrage qui sont les points capitaux d'une marche régulière.

Le second fait résultant de l'Exposition de 1878, est que la machine dite à roues libres ou a une seule paire de roues motrices a fini son temps. La Crampton elle-même, cette expression si vraie et si complète de la locomotive express, cette coureuse par excellence, ne peut plus suffire avec la charge que l'exploitation impose aux trains rapides. Aujourd'hui, la locomotive rapide a 4 grandes roues couplées, deux longues et lourdes bielles pour les réunir, son centre de gravité est à une hauteur qu'on eut jadis appelé extravagante, l'entraxe des roues extrêmes dépasse 5 mètres. Jusqu'ici, ces audaces ont été heureuses, et l'on ne traite plus de fous, ceux qui osaient il y a 20 ans, proposer de pareils projets. Comment se comporteront dans les déraillements et collisions ces nouveaux trains rapides animés d'une si grande quantité de force vive ? il ne faut pas s'en inquiéter plus que de raison, car si nous avons la malchance d'être compris dans une de ces catastrophes qui deviennent heureusement de plus en plus rares, l'outil qui nous écrasera ne nous importe pas plus, que n'importe au soldat d'être tué à la guerre par un obus de 7, ou par celui d'un gros canon Krupp.

Un troisième fait résultant de l'Exposition de 1878, est que les locomotives et les chemins de fer se généralisent partout : Il n'y a plus de grande ville, qui n'ait sa voie ferrée, sous le nom de tramway (nous attendons encore la vraie origine du nom), et dans 10 ans il n'y aura pas un tramway qui n'ait des locomotives ne faisant pas plus peur aux chevaux qu'aux humains ; les essais avortés avec des machines insuffisantes ne prouvent rien contre le principe, et nous aurons à signaler dans le cours de nos études sur l'exposition, diverses locomotives de routes et tramways de systèmes nouveaux, soigneusement étudiées par les meilleurs ateliers. Dans les chantiers de construction, aussi bien pour les maisons privées que pour les grands travaux publics, les moyens mécaniques sont employés aujourd'hui sous toutes les formes. Il n'y a plus besoin d'aller à Londres, au chantier du nouveau palais de la cité, près de temple-bar, pour trouver un merveilleux ensemble de grues à chariot, machines à vapeur et voies ferrées. Il suffit de regarder la plupart de nos chantiers de Paris, ceux qui ont servis à l'édification si rapide de l'Avenue de l'Opéra et surtout des palais même de l'Exposition, où l'on a exécuté de vrais prodiges.

Dans ces chantiers, ce ne sont plus seulement les voies et les machines ordinaires que nous voyons, on pose des voies qui ont 50 centimètres et parfois moins entre les rails, et on y fait rouler des locomotives du poids de 2 ou 3 tonnes. En 1867, les locomotives devenaient de plus en plus grosses ; aujourd'hui, c'est à faire de plus en plus petit qu'on s'applique pour exécuter partout la traction mécanique, remplaçant soit les chevaux dont la nourriture devient si dispendieuse, soit les hommes ou enfants dits rouleurs qui exigent de gros

salaires, se mettent en grève et qu'on peut beaucoup mieux utiliser. Nous aurons donc à rendre compte de locomotives minuscules qu'on pourrait croire exposées par des marchandes de joujoux.

Un 4e fait résultant de l'exposition est que partout on construit aujourd'hui avec perfection, en grande partie grâce à l'emploi des machines-outils devenues elles-mêmes si perfectionnées. Celui qui écrit ces lignes connaît bien nos ateliers français, et il se plait à dire que les magnifiques locomotives qu'ils ont envoyées au Champ-de-Mars, sont peut-être un peu plus vernies et polies qu'à l'ordinaire (1), mais nullement mieux travaillées que celles qui roulent tous les jours en tête des trains. Nous connaissons aussi les ateliers anglais dont les machines sont à l'Exposition, et nous pouvons rendre d'eux le même témoignage. La locomotive suédoise est de construction exquise, comme tout ce qui nous est venu jusqu'ici de cette contrée si peu connue des français. Cette perfection d'exécution n'est même plus un mérite tant elle est devenue générale, et nous nous dispenserons de la relater par la suite de nos comptes rendus.

Un 5e fait résultant de l'Exposition de 1878, est la conformité d'idées et de tendances entre des ingénieurs qui ne se sont sans doute nullement entendus, et qui présentent des appareils qu'on pourrait croire copiés l'un sur l'autre. Ainsi les Cies de chemins de fer du Midi et de l'Est, celle du Central Belge et d'Orléans ont presque les mêmes locomotives : nous retrouverons partout les mêmes similitudes.

Un 6e fait à remarquer est que l'Exposition de 1878 est en général, moins l'œuvre de l'industrie privée proprement dite que des grandes compagnies, telles que celles de la marine et des chemins de fer qui ont de magnifiques ateliers, et font elles-mêmes leurs *plans* avec cette sûreté de compétence que donne le service courant des outils qu'on emploie journellement. Il s'est produit à cet égard, presqu'une révolution économique à laquelle on ne saurait trop faire attention. Il y a 10 ans, il existait en toutes nations des constructeurs privés qui avaient commencé par une boutique et sont devenus plus tard un atelier gigantesque, répandant ses produits dans toutes les industries. Beaucoup ont disparu au moins dans des fusions et parmi ceux qui restent, plusieurs ont à peine pu exposer sous leur nom une machine de construction non récente, à laquelle ils n'ont donné que leur main-d'œuvre. En France et en Prusse, ces ateliers ont pris des proportions colossales qu'on peut regretter aujourd'hui. Chacun d'eux pourrait à lui seul fournir toute la consommation nationale, car chaque peuple se suffit maintenant, l'Exposition en est la preuve et on ne peut plus guère compter sur l'exportation, si ce n'est dans les pays neufs qui bientôt ne le seront plus. Pareil déplacement s'est fait dans le personnel des ouvriers, les meilleurs en habileté et en moralité vont aux grandes compagnies où il y a plus de sévérité, plus d'exigence, plus de discipline, mais plus d'avenir, plus de ressources dans les difficultés de la vie et pas de morte saison.

L'industrie privée dit avec désespoir : il n'y a plus d'ouvriers, du moins plus d'ouvriers capables de gagner le salaire qu'ils exigent. La vérité est, qu'il n'y a pas moins d'habileté et d'honorabilité qu'autrefois, mais les besoins ont décuplés sans que la population soit augmentée, sans que le travail manuel et modeste soit plus en honneur au moins parmi ses représentants directs. Il y a 30 ans, nous avions à Paris trois principales usines, occupant 1000 ouvriers dans les plus beaux jours ; nous en avons aujourd'hui neuf qui en occupent plus du double.

(1) Il ne faut pas que les visiteurs venant pour *étudier* se fâchent de ce *luxe*. Il paraît qu'il est nécessaire pour le public : Les Anglais qui sont gens pratiques, décorent et dorent leurs machines (voir notamment à l'agriculture). Les Américains les nickelisent, en 1867, Bossig le Prussien, les argentait : En France nous ne dépassons pas le polissage et le vernis.

Cet état de choses met l'industrie privée en péril, car il n'y a pas que les grandes compagnies merveilleusement en mesure de subvenir elles-mêmes à tous leurs besoins. L'industrie d'un pays se compose d'une multitude de maisons qui ne peuvent pas se passer du secours des mécaniciens proprement dits. Les grandes compagnies ne feraient pas seulement œuvre patriotique en les soutenant de leurs commandes, et par leurs exigences raisonnées dans la perfection du travail, elles concoureraient à leur propre prospérité en assurant à l'industrie en général un de ses plus puissants moyens de se développer et de se perfectionner. L'Exposition de 1878 est une leçon qu'il faut recommander aux économistes.

Etudiée dans son ensemble, l'industrie des locomotives présente, avons-nous dit deux courants d'idées assez distinctes, sinon dans les dispositions fondamentales qui se ressemblent partout, du moins dans la disposition et le rapport de ces organes; l'un de ces courants est en Angleterre, l'autre réunit tout le continent. Il faut en préciser les points principaux, et nous l'avons fait comme suit dans une communication récente à la Société des ingénieurs à la suite d'une tournée de 2,000 kilomètres dans la Grande-Bretagne.

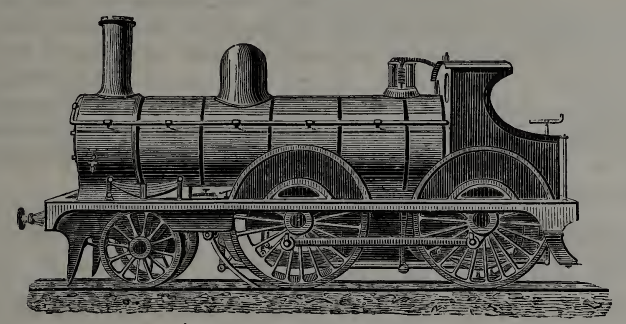


Fig. 1. — Machine de Sharp.

Les locomotives anglaises ont affecté longtemps une grande variété de système. Chaque constructeur se personnifiait dans un type. Aujourd'hui, il existe une forme et des dimensions traditionnelles, pour ainsi dire classiques, dont on sort rarement et qui ne sont autres, à très-peu près, que celles qui ont été il y a 30 ans le point de départ des Sharp et des Stephenson. Ce n'est que dans le détail qu'on trouve à étudier des agencements spéciaux.

Pour les trains de marchandises c'est la locomotive à 6 roues couplées de 5 pieds de diamètre. On sait qu'on ne connaît pas, en Angleterre, nos immenses trains, non plus que nos lentes marches et nos longues stations; il faut largement appliquer aux transports des marchandises la maxime : que l'Anglais est toujours pressé (1).

Pour le service express des voyageurs, le Great-Western-Railway a encore ses gigantesques locomotives, comme il a conservé sa large voie Brunel, combinée, il est vrai, avec la voie de jauge ordinaire par l'intercalation d'un troisième rail.

Sur les autres lignes, on voit également les locomotives grand-rapides à roues libres bien connues de Strurrock, de Crew, du Calédonian, dont quelques-unes portent une date de construction récente, d'où on peut conclure que le principe n'est pas abandonné entièrement.

(1) Ce qu'on ne saurait assez admirer, c'est la célérité avec laquelle les wagons sont déchargés par des engins mécaniques de toute sorte, leur contenu est distribué en ville ou entreposé dans les docks, et la gare rendu libre. L'Allemagne paraît aussi très-avancée dans cette voie.

Néanmoins, la tendance générale paraît être de n'avoir plus pour le service des voyageurs qu'un seul type, celui de la locomotive à 4 roues couplées d'environ 6 pieds de diamètre et grand empâtement, suivie d'un immense tender, si ce n'est pour les petits parcours où l'on emploie les *tank-engines*, également à 4 roues couplées, souvent munies, en outre, à l'arrière du foyer, de 4 petites roues porteuses articulées en arrière-train mobile ou *bogie*.

La machine exposée de Sharp, sur laquelle nous reviendrons est l'expression pure de ce que nous appelons le type anglais.

Résumant les données d'un nombre suffisant de machines de toutes classes, on peut fixer comme il suit les dimensions classiques de la locomotive anglaise, celles des voyageurs et des marchandises ne différant plus que par le diamètre des roues et le nombre de celles qui produisent l'effort moteur :

1° Poids en ordre de marche : on remarque à cet égard une assez grande divergence : des locomotives ne pèsent que de 33 à 35 tonnes en répartition sensiblement égale sur les 3 essieux; d'autres pèsent, nous a-t-il été assuré, près de 40 tonnes, sans être en apparence plus volumineuses, mais en raison de l'épaisseur de 15 millimètres donnée aux tôles (de Lowmoor ou Bowling), et de la constitution robuste du cadre à double longeron, du mécanisme, etc.

Au-dessus de ces proportions, les ingénieurs anglais disent que la locomotive n'est plus maniable et gouvernable, qu'elle n'est plus le *passe-partout* voulu pour la pratique courante, et ils sont très-sévères contre ce qu'ils appellent les locomotives monstres du continent, si péniblement relevées quand elles déraillent.

2° Les cylindres des locomotives anglaises ont les nombres ronds de 17 ou 18 pouces anglais sur 2 pieds de course, soit en mesures françaises :

Diamètre du piston	$0^m,431$ et $0^m,457$
Course	0 ,609

3° Suivent les proportions fondamentales de la chaudière pour la pression de 9 à 11 atmosphères :

Diamètre du corps tubé	4 pieds = $1^m,22$	
Tubes : nombres	200 à 220	
Longueur : 10 à 11 pieds, soit.	$3^m,047$ à $3^m,352$	
Diamètre extérieur	43 millimètres	
— intérieur.	38	
Foyer : longueur, 5 pieds $^1/_2$ . . . . . . =	$1^m,67$	
— largeur, 3 pieds $^1/_2$ . . . . =	1 ,06	
— hauteur, 5 pieds $^1/_2$. . . . . . . =	1 ,67	
Surface de chauffe du foyer en nombres ronds . . .		$10^{mq},00$
— des tubes.		100 ,00
Total.		$110^{mq},00$
Surface de la grille	$1^{mq},60$ à $1^{mq},70$.	

On rencontre, il est vrai, quelques locomotives à long foyer de 2 mètres, peu profonds, mais ils sont manifestement exceptionnels, et les rapports ci-après peuvent être regardés comme les moyennes classiques dans les ateliers anglais :

1° La surface de chauffe des tubes égale dix fois environ celle du foyer, et réciproquement le foyer égale le dixième de la surface des tubes, ceux-ci ayant une longueur de 80 à 90 fois leur diamètre intérieur.

2° La grille a aussi son rapport donné avec la section totale des tubes mesurée à l'intérieur, celle-ci étant de $0^{mq},23$ à $0^{mq},36$; on voit que la grille égale environ cinq fois cette section des tubes, et s'il est vrai que la consommation

moyenne des locomotives anglaises puisse être évaluée en nombre rond à 7 kilogrammes de houille par kilomètre, soit à 420 kilogrammes par heure pour une vitesse de 60 kilomètres, on trouve que les proportions de la grille correspondent en nombre rond à 240 kilogrammes de houille brûlée par mètre et par heure.

Après avoir cherché à résumer les dimensions fondamentales de la locomotive actuelle en Angleterre, nous préciserons, comme il suit, ce qui caractérise sa forme et sa disposition générale :

1° Répulsion contre les porte-à-faux du foyer et des cylindres, et grand écartement des essieux extrêmes porté à 5 mètres et au-delà, vaste base, disent les Anglais, ce qui a nécessité des agencements très-ingénieux pour permettre un certain déplacement des essieux dans les courbes, lesquelles en Angleterre sont d'ailleurs rarement à petit rayon sur les grandes lignes.

2° Bien que les locomotives grand-rapides à roues motrices libres de Crew et du Calédonian aient encore des cylindres extérieurs, on peut dire cependant que les cylindres intérieurs, c'est-à-dire placés entre les roues dans le bas de la boîte à fumée, sont aujourd'hui la règle anglaise, et par conséquent l'essieu coudé pour les roues motrices ne soulève plus d'objection.

Il y a moins d'accord sur les cadres formés par les longerons, lesquels sont quelquefois simples, comme en France, mais le plus souvent multiples en dedans ou en dehors des roues.

Même désaccord dans les locomotives à 4 roues couplées pour le choix des roues extrêmes, unies par les bielles extérieures aux roues motrices ; mais les roues d'arrière portant le foyer paraissent être le plus souvent celles qu'on accouple.

3° Toutes les locomotives anglaises se distinguent par le très-facile accès du mécanisme pour la visite et l'entretien, grâce au relevage du corps tubé de la chaudière, qui n'a d'ailleurs pas plus de 4 pieds, soit $1^{m},23$ de diamètre; dût la cheminée être courte, et grâce aussi à la courbure vers le sol des longerons, comme dans nos nouvelles locomotives du Chemin du Nord, lesquelles reproduisent généralement ce que les Anglais appellent leurs idées.

4° Répulsion toujours aussi vive contre la pose à l'extérieur des tuyaux, tiges, boîtes à sable ou à prise de vapeur, etc.

En Angleterre, la locomotive est un monument dont rien d'étranger ne doit rompre les lignes naturelles. Le dôme de vapeur et la cuvette des soupapes de sûreté sont acceptées; mais les conduites de vapeur pour l'admission et l'émission sont, comme primitivement, dans la boîte à fumée ; le régulateur et sa tige sont dans l'intérieur de la chaudière ; les sablières sont dissimulées dans l'entre-deux du double longeron ou dans les couvre-roues.

Les giffards eux-mêmes, partout substitués aux anciennes pompes alimentaires, sont de très-petits appareils qu'il faut chercher au bas du foyer. Ils ne portent plus le nom de l'inventeur français, on les nomme, comme en Allemagne, des injecteurs Friedman.

5° Pour abriter le mécanicien en marche, on a adopté partout, suivant le goût local beaucoup plus qu'en raison du climat, tantôt un simple écran, tantôt la guérite complète d'Allemagne et d'Amérique.

6° La houille crue paraît être aujourd'hui le seul combustible des locomotives anglaises, le Métropolitain excepté. La houille ordinairement brûlée sur les chemins de fer de la Grande-Bretagne est du genre Cardiff en gros blocs, cassant en prisme, donnant peu de poussière, ne salissant pas la main et ne produisant, pour ainsi dire, pas de fumée, en sorte qu'il reste peu de ces fumivores qu'on avait adoptés au début de la substitution de la houille au coke.

7° Les locomotives anglaises avaient autrefois un luxe de cuivre poli, contre lequel on a réagi comme il a été fait de suite en France ; mais, ce qui leur est

resté, c'est la peinture poncée et le vernis soigné de tout ce qui se voit, et n'est pas artistement fini à la lime.

La propreté en service, comme au dépôt, est extrême.

« Quand une machine est propre et bien agencée pour la visite, nous disait « un des grands maîtres de l'industrie anglaise, le conducteur, l'inspecteur, le « chef de service lui-même donnent volontiers ce coup d'œil et ce coup de main « qui sont un gage de sécurité et auxquels on répugne malgré soi dans un « appareil malpropre et mal disposé. La bonne tenue de l'outil appelle celle de « l'ouvrier dans sa personne et jusque dans sa vie domestique, et ainsi une sim- « ple question d'ordre matériel s'élève à la hauteur d'une question de moralité « publique. »

C'est là une maxime tellement répandue en Angleterre, qu'il n'est pas rare de voir au règlement de la police d'un atelier, un article prescrivant aux ouvriers d'avoir une tenue propre. On va plus loin encore : on impose en beaucoup de fabriques un uniforme périodiquement changé et lavé. Pour les monteurs et les ajusteurs, comme pour les filateurs, cet uniforme est blanc, afin que l'ouvrier qui se respecte et ne veut pas se montrer malpropre, prenne l'habitude de s'observer. A la porte de l'usine, il y a tout une batterie de robinets de fontaine assez souvent alimentés d'eau chaude pour le service des ouvriers avant de sortir et même pendant le travail. L'ouvrier mal tenu est mis à l'amende comme pour les autres infractions à la police de l'usine, au profit de la caisse des blessés. Pareille mesure d'ordre et de propreté sont usitées en Allemagne et en Suisse.

Après avoir précisé ce qu'on a appelé les *idées anglaises*, si on regarde les locomotives de France et du continent, on trouve d'abord la variété des systèmes et de tendances, ce qu'expliquent jusqu'à un certain point les circonstances locales assez variées elles-mêmes. Les grosses locomotives, les longues chaudières, les roues couplées, la multiplicité des accessoires, la prédominance des mouvements extérieurs affectent des dispositions difficiles à résumer et qui vont ressortir ci-après de notre compte-rendu. Mais l'idée générale est la grande puissance motrice unie à la charge relativement faible sur les roues pour ne pas fatiguer la voie, en se servant à peu près sans choix du combustible le plus à sa portée, depuis la houille tout-venant et les briquettes jusqu'aux lignites et aux huiles lourdes de pétrole, en se servant de disposition ad hoc, sans trop s'occuper de la fumée à laquelle on s'est un peu habitué.

En ce qui concerne la vitesse, nous avons à la différence des Anglais, les deux limites extrêmes, c'est-à-dire les trains rapides, comparables aux anciennes malles-postes et les immenses trains à petite vitesse qu'on peut assimiler au roulage classique de nos pères.

Entre deux, est une classe de trains assez mal définis auxquels on pourrait redonner le nom de trains mixtes, s'appliquant aux lourds trains de voyageurs s'arrêtant plus ou moins souvent en route, et au transport accéléré des marchandises ; les premiers ont actuellement une locomotive à 4 roues couplées d'environ $1^m,70$ qui ne tardera sans doute pas à disparaître, car elles diffère trop peu des nouvelles locomotives rapides dont elles ont la puissance motrice, et d'autre part les trains de 24 voitures (leur contingent réglementaire) ne suffisent plus aux jours d'affluence. A ces trains de voyageurs à vitesse modérée comme au transport accéléré des marchandises, on a déjà commencé à appliquer une même locomotive à 6 roues couplées d'environ $1^m,50$, suivant la méthode anglaise.

L'avenir probable des locomotives comprend donc 3 classes.

1° Locomotives de roulage à 8 petites roues (en attendant 10 ou 12), remor-

quant, à 20 kilomètres, environ des trains d'une longueur presqu'indéfinie, pour le transport des marchandises non pressées.

2° Locomotives mixtes à 6 grandes roues couplées pour trains de voyageurs à moyenne vitesse et trains de marchandises accélérés.

3° Locomotives rapides et puissantes pour train d'au plus 200 tonnes, à grande vitesse directe.

Puis viendront un jour de nouvelles exigences, les vitesses actuelles ne suffiront plus à certains voyageurs et, au prix d'une plus value inévitable, il leur faudra des trains nécessairement légers pour être gouvernables et pourvus de tout ce qu'exige de longs trajets sans arrêt, à la façon des navires, et alors reviendra naturellement la locomotive à roues libres avec de nouvelles dispositions, d'une simplicité radicale, et des perfectionnements dans les matières comme dans la voie.

Autant qu'il se peut faire, on est déjà entré dans cet ordre d'idées, ainsi qu'on va le voir à l'Exposition dans l'examen des diverses classes de locomotives qui suivent.

I. — LOCOMOTIVES RAPIDES.
(françaises).

Ces locomotives sont le fait capital, le *great attraction* de l'Exposition de 1878; faisons d'abord un peu l'histoire de ce qu'on appelait jusqu'ici l'*express* et qu'on nomme maintenant *le rapide*, en complimentant nos directeurs de chemins de fer d'avoir enfin adopté un mot français en France (1).

Presqu'à son origine le *great Western-Railway* eût sur sa large voie Brunel ces gigantesques locomotives dont une fut l'un des joyaux de l'exposition de Londres en 1851, et dont une autre fit faire au maréchal Soult, ambassadeur de France, son fameux voyage de 120 kilomètres à l'heure (a-t-on dit).

On effectua longtemps le service express sur les autres lignes à raison de 50 à 60 kilomètres l'heure, avec les machines ordinaires à roues de 6 pieds ($1^{m},80$), choisies parmi les plus stables et les plus solides.

Qui ne se rappelle en Angleterre, ces locomotives de Bury, et en France, celles de Buddicum sur nos lignes du Hâvre et de Boulogne, qui couraient avec tant d'aisance et de rondeur ?

Vinrent ensuite sur les réseaux de Lyon, de Tours à Nantes et de l'Est, les machines de Barrault, de Forquenot et les *grandes Cavé*, qui ont longtemps constitué de très-bons types de machines rapides, simples, robustes, d'un facile accès et d'une belle stabilité.

En 1849, Crampton qui n'avait pu faire accepter son système en Angleterre, vint en France, où il trouva son ami Henri Edwards, alors ingénieur en chef du chemin de fer de l'Est. Crampton, Edwards, Petiet et Houel, l'ingénieur de la maison Cail, travaillèrent ensemble; et de cette collaboration sortit la machine qui reste encore la locomotive rapide par excellence. La Compagnie du Nord fut la première à l'adopter, celles de Lyon et de l'Est suivirent de près. Celle-ci aura été la dernière à la conserver après avoir augmentée sa puissance adhérente en lestant ses roues par des moyeux de plomb rapportés.

Malgré la rondeur de marche, la stabilité parfaite et la solidité extraordinaire

(1) Saisissons cette occasion de protester à notre tour et au nom de tous nos collaborateurs contre le nom de tickets donnés aux cartes d'entrée, qu'on pouvait tout simplement appeler billets ou cartes. Les wagons, tenders, squares, tramways, sans compter tous les mots du sport, n'étaient-ils donc des emprunts suffisants.

dont la Crampton a donné si souvent les preuves dans des occasions mémorables, cette locomotive a été toujours contestée. Sinclair, Ramsbotton, Sturrock, Stephenson, Hawthorn, Sharp, Nasmith et autres en Angleterre; en France, Tourneux, Polonceau, Buddicum et les ingénieurs de l'Ouest n'ont jamais voulu adopter cette machine à roues motrices mises en arrière et en dehors du foyer; ils ont mis celle-ci au milieu sous le corps tubé à sa place traditionnelle, les chargeant jusqu'à 15 tonnes sur l'essieu, comme il se fait encore en Angleterre.

Il n'y a pas de formes étranges auxquelles on n'ait eu recours pour faire des machines express autres que la Crampton, en allant jusqu'à employer des roues motrices de 3 mètres et plus. On en voit de très-curieux spécimens au recueil des Brevets d'inventions. Parmi les machines exécutées, mais qui n'ont guère fait de service, nous retrouvons dans nos souvenirs, la Trevithick de 1851, la Blavier-Larpent de 1855 déjà citées, plus une machine du Great Western dont les roues géantes sont restées longtemps exposées comme curiosité en gare de Londre-Padington. La Crampton a seule survécu à toutes ces tentatives pour se passer d'elle, et bien qu'il y ait en Angleterre des locomotives à roues libres pour les trains légers qui resteront toujours en principe les vrais trains rapides gouvernables, la Crampton elle-même fait place aux nouvelles locomotives que nous allons passer en revue et dont 7 spécimens sont exposés dans la section française. Sans préjudice des petites figures dans le texte qui vont représenter les *types*, nous les réunissons toutes en diagrammes comparatifs en une même planche nº 1, et nous donnons de suite ici le tableau de leurs dimensions. Après les locomotives françaises, viendra une étude analogue des étrangères.

1° **Locomotive à 3 essieux de la Cie de l'Est,** *construite à ses ateliers d'Epernay, Regray ingénieur en chef, Flaman ingénieur des études, Brisse chef des ateliers.* — Cette locomotive, l'une des plus caractéristiques de l'Exposition peut être définie : une Crampton où 1° on a élevé la chaudière pour adapter au lieu des roues ordinaires du milieu, des grandes roues accouplées aux roues d'arrière; 2° où on a allongé le foyer au-dessus de l'essieu des dites roues d'arrière, en donnant à ce foyer de très-vastes dimensions et une forme approchant du type belge de Belpaire.

La Cie devait bien cette rénovation de la Crampton au système, dont son premier ingénieur Edwards fut, avons-nous dit, le patron et l'introducteur.

Nous remarquerons d'abord le grand diamètre ($2^m,30$) donné aux quatre roues couplées comme dans ses Cramptons originaires. Nous ne tairons pas que malgré 25 ans d'expérience, ce grand diamètre est contesté plus que jamais dans la machine exposée. La première des deux raisons données, est qu'il en résulte une grande élévation du centre de gravité au détriment, dit-on, de la stabilité et de la hauteur de la cheminée. On a répondu que celle-ci est moins une cheminée proprement dite (1) qu'une trompe à vent forcé dont la longueur importe assez peu. En Angleterre, on en est venu à n'avoir parfois que des naissances, des rudiments de cheminée ne mesurant pas plus de 40 centimètres. Quant à la stabilité, il y a les faits, à savoir que les nombreuses locomotives à centre de gravité au moins aussi élevé, n'ont pas été reconnues, de ce chef, moins stables et plus sujettes à verser que les autres. En faisant l'*épure*, on voit qu'il reste assez de marge pour être rassuré sur ce point.

La 2e critique des grandes roues porte sur la difficulté de trouver 4 bandages homogènes et d'usure égale sur $7^m,82$ de longueur développée, d'où proviendront dit-on, des tiraillements, des secousses, de l'instabilité, des usures d'organes, sinon dans la machine neuve, du moins après plus ou moins de parcours.

(1) Voir expériences de Nozo au chemin de fer du Nord, il y a une douzaine d'années.

LOCOMOTIVES A GRANDE VITESSE (France).
Conditions générales d'Etablissement.

DÉSIGNATION DES MACHINES.		EST.	MIDI.	NORD.	NORD.	ORLEANS.	OUEST.	P.-L.-M.
Position des cylindres.		extérieure.	extérieur.	intérieur.	intérieur.	extérieur.	intérieur.	extérieur.
Grille.	Longueur	2^m,35	1^m,702	2^m,278	2^m,278	1^m,540	1,624	2,117
	Largeur	1 ,015	1^m,006	1 ,023	1 ,023	1 ,040	1,078	1,010
	Surface	2 ,385	1^{mq},71	2^{mq},33	2 ,033	1 ,601	1,780	2,014
Hauteur de la grille au ciel du foyer		1 ,480 0 ,950	1^m,520	»	»	1^m,570 1 ,070	1,115	1,600 1,030
Tubes.	Nombre	206	180	201	201	177	156	164
	Longeur entre les plaques tubulaires	3 ,50	3^m,500	3^m,500	3,500	5,000	3,850	4,930
	Diamètre extérieur	0 ,049	0 ,050	0 ,045	0,045	0,048	0,050	0,050
Surface de chauffe	du foyer	8^{mq},50	9^{mq},12	8^{mq},75	8^{mq},75	10^{mq},60	6^{mq},98	9^{mq},00
	des tubes (à l'extérieur)	119 ,000	94 ,01	90 ,60	90 ,60	135 ,19	94 ,35	116 ,84
	totale	127 ,50	103 ,13	99 ,35	99 ,35	145 ,79	101 ,33	125 ,84
Corps cylindrique de la chaudière.	Diamètre intérieur moyen	1^m,025	»	1^m,225	1^m,225	1^m,250	1,170	1,238
	Epaisseur des tôles en millimètres	13 ,5	»	13	14 ,5	13 ,5	»	14,05
	Hauteur de l'axe au-dessus du rail	2 ,100	»	2,120	2 ,120	1 ,957	2,145	1,940
Volume d'eau dans la chaudière		2^{mc},900	4^{mc},450	3^{mc},050	3^{mc},050	3^{mc},950	2,800	3,700
Volume de vapeur dans la chaudière		2,190		2 ,550	2 ,550	1 ,797	1,600	2,650
Tension de la vapeur en kil.		9	9	8^k,5	10	9	9	»
Cylindres.	Diamètre	0,45	0,430	0,432	0,432	0,440	0.420	0,500
	Course du piston	0,64	0,600	0,610	0,610	0,650	0,600	0,650
	Distance d'axe en axe	2,10	2,060	0,760	0,760	1,900	0,980	1,700
Roues.	Diamètre des roues accouplées	2,30	2,090	2,100	2,100	2,000	1,910	2,100
	Diamètre des roues de support	1,35	1,400	1,300	1,010	1,120	1,280	1,300
Poids de la machine	vide, en tonnes	35^t,600	34^t,100	34^t,100	38^t,300	37,700	33,050	40.840
	en état de service	38 ,488	37 ,500	37 ,400	41 ,600	41,800	36,050	44,840
Poids sur les roues.	1er essieu arrière	11 ,488	11 ,500	10 ,400	14 ,400	11,400	11,150	11,180
	2e — —	13 ,500	13 ,000	13 ,500	avant-train.	12,900	12,450	12,890
	3e — —	13 ,500	13 ,000	13 ,500	13^t,600	12,500	12,450	12,330
	4e — —	»	»	»	13 ,600	5,450	»	8,440
Tender.								
Diamètre des roues		1^m,20	1^m,200	1^m,2175	1^m,2175	1^m,220	»	1^m,200
Nombre des roues		4	6	4	4	4	4	6
Capacité de la caisse à eau		10^{mc},00	9^{mc},000	8^{mc},000	8^{mc},000	10^{mc},000	6^{mc},300	10^{mc},200
Capacité de la caisse à combustible		3,00	»	3 ,000	3 ,000	2 ,400	3 ,000	4 ,000
Poids du tender.	Vide	11 ,150	12^t,400	10 ,200	10 ,200	»	11 ,900	15,500
	Plein	24 ,000	24 ,700	21 ,500	21 ,500	»	21 ,200	30,000

D'abord y a-t-il beaucoup de différence, à ce point de vue, entre les roues de $2^m,30$ et celles ordinaires de $2^m,10$, dont la circonférence développée est $6^m,60$?

Ensuite, ce qui pouvait être vrai il y a 15 ans, l'est-il encore avec le métal des bandages laminés sans soudure, aujourd'hui trié et contrôlé avec tant de soin, précisément au point de vue de l'homogénéité ?

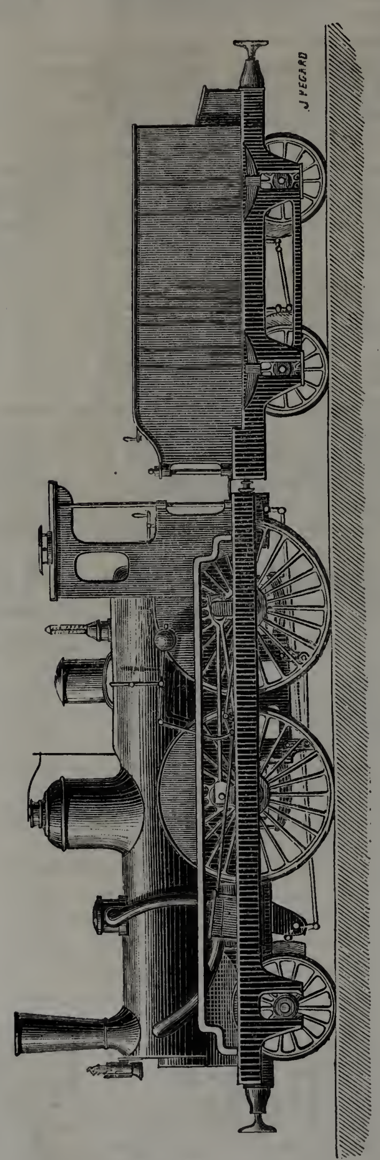


Fig. 2. — Machine de l'Est, 6 roues.

Le principe qui a conseillé les grands diamètres, n'est pas le désir d'aller plus vite ; c'est par la réduction des arrêts, par la spontanéité du démarrage et la vive ascension des rampes au moyen d'un grand déploiement de force qu'on accélère les trains; 70 kilomètres en marche courante avec faculté d'atteindre temporairement à 80 kilomètres est une vitesse pour le moment suffisante et pratique, qu'on peut obtenir même des machines à roues de $1^m,80$.

Ce qu'ont voulu les prôneurs du grand diamètre, est de diminuer par unité de temps, le nombre de ces coups de piston dont les allées et venues en sens contraire, sont le principe de graves et nombreuses actions pertubatrices contraires à la stabilité de la machine et du train, lesquelles croissant avec la vitesse, comme ne le savent que trop les voyageurs et comme il a été démontré, notamment par feu Lechatellier notre regretté maître.

Or, pour une vitesse de 80 kilomètres à l'heure (1333 mètres à la minute). Voici le nombre de tours de roues et de coups de piston que donnent par minute les roues de $2^m,30$. (Circonf. $= 7^m,225$), et les roues de $1^m,80$. Circonf. $5^m,654$)

$$\text{Roue de } 2^m,30 \text{ par minute } \frac{1333^m}{7,225} = 184 \text{ tours.}$$

$$\text{Roue de } 1^m,80 \ \frac{1333^m}{5,654} = 235 \text{ tours.}$$

La différence, qui serait insignifiante aux petites et moyennes vitesses, devient sérieuses aux grandes vitesses que doit prendre nécessairement un train rapide à un moment donné, qui est celui où il faut redoubler de sécurité.

En fait et en dehors des locomotives à large voie du Great-Western, il existe en Angleterre des roues égales et même supérieures à celles de l'Est qui ont comme celles-ci fait leur preuve. Celles de M. Ramsbotton et du Calédonian sont bien connues, nous en relaterons d'autres qui eussent bien intéressés à l'Exposition.

La locomotive exposée par la Cie de l'Est, a un caractère autre que celui d'être la rénovation de la Crampton : elle est une des représentations de la chaudière à tubes relativement courts suivant la tradition anglaise, et elle est la contre-partie de grands tubes que nous verrons sur d'autres machines. On a conservé le diamètre intérieur de 44 millimètres au lieu de 38 qui a été adopté par d'autres pour diviser la plus possible le volume des gaz chauds sortis du foyer.

Le visiteur de l'Exposition remarquera en outre, les particularités suivantes :

1° La disposition des boîtes à graisse de l'essieu d'avant avec plans inclinés, permettant aux roues de se déplacer latéralement dans les courbes, sans autre jeu dans les collets de la fusée, disposition sur laquelle nous reviendrons.

2° Cadre ou bâtis double dont les deux longerons principaux ont été découpés dans des tables de fer laminées longues de 8 mètres sur 63 centimètres de large et 25 m/m d'épaisseur.

3° La disposition des ressorts de suspension, où l'égale répartition du poids sur les roues est obtenue, non par balanciers à la mode allemande, mais par des équerres en mouvement de sonnette, reliées par une bielle.

4° Le mécanisme de la distribution avec coulisse dite de Gooch, suspendue à hauteur fixe.

5° Les graisseurs automatiques dits américains, le changement de marche à vis, le sablier avec son hélice distributrice.

6° Le frein à vapeur dit de Lechatellier, auquel s'ajoutent le frein à main des roues d'avant et le frein du tender, qui tous trois réunis, peuvent arrêter la machine lancée à moins de 50 mètres d'un obstacle imprévu.

7° Le vaste foyer du système Belpaire avec ciel entretoisé à la mode belge, grille inclinée pour brûler la fine houille avec peu de fumée, et la soupape de sûreté à pression directe, impossible à surcharger à l'insu des inspecteurs.

8° Enfin, l'abri complet du mécanicien à la mode américaine, avec le sifflet à vapeur en dehors ; tant mieux pour le mécanicien qui n'a plus dans les oreilles cette musique stridente, mais tant pis pour les voyageurs

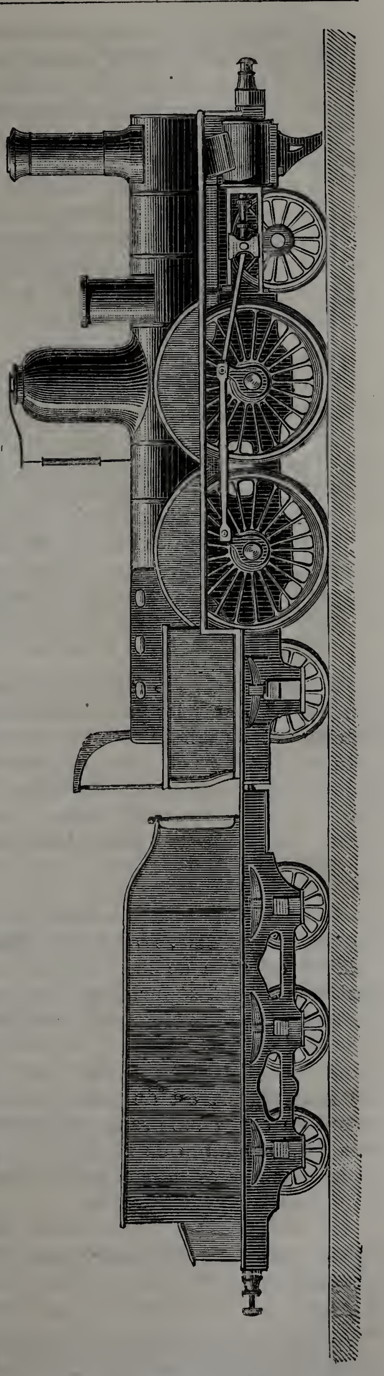


Fig. 3. — Machine de Lyon, 8 roues.

à qui sur nos lignes françaises on la sert comme à plaisir et tout au moins avec une fréquence qu'on ne connaît pas à l'étranger.

9° Le tender qui suit la locomotive contient 10 mètres cubes d'eau avec lesquels on fait sans arrêt des trajets d'environ 100 kilomètres.

Les dimensions principales de la Crampon de l'Est, sont dans le tableau comparatif précité.

La Compagnie de l'Est dont la plupart des ingénieurs sont auteurs de publications scientifiques considérables (1) et qui poursuit à grands frais tant d'expériences et d'études sur presque toutes les parties de l'industrie des chemins de fer, n'a pas borné son exposition à l'importante locomotive que nous venons de décrire. Autour d'elle, on voit les appareils suivants, dont la description reviendra en son temps, savoir :

1° Voiture de 1re classe avec lits, salon et cabinet.
2° Voiture de 3e classe chauffée par thermosyphon.
3° Frein automoteur de M. Dorré.
4° Machine à essayer les huiles de M. Napoli.
5° Indicateur des vitesses de M. Napoli.
6° Enregistreur des oscillations de voiture de M. Napoli.
7° Contrôleur de ronde de nuit de M. Napoli.
8° Enregistreur de l'usure des roues de M. Napoli.
9° Appareil à poser les tubes des chaudières de M. Brisse.
10° Horloge électrique à remontage continu de M. Barbey.
11° Noria à réchauffer les chaufferettes de voiture (2).
12° Photomètre avec lampe à extinction Salfacting de M. Brisse.

Enfin, relatons le *wagon-dynamomètre*, véritable merveille de l'Exposition, exécutée comme les précédents sous la direction de M. l'ingénieur Regray aux ateliers et au laboratoire des essais de la Compagnie, pour entreprendre toutes études pratiques et théoriques, sur la traction et le mouvement de la vapeur, ou plutôt pour continuer ces études, car elles ont déjà occupé plusieurs années avec d'autres appareils moins complets, et fait l'objet d'une publication de MM. Vuillemin, Guébhard et Dieudonné, qui a obtenu le prix de la Société des ingénieurs.

2° **Locomotive à 3 essieux de la Cie du midi, n° 9,** *construite à ses ateliers de Bordeaux, Millet ingénieur.* — C'est également une Crampton qui ne diffère de celle de l'Est que par les dispositions suivantes : 1° les longerons extérieurs sont supprimés, il n'y a pas de double cadre, et le mécanisme est accroché comme dans les machines qui vont suivre en porte-à-faux sur les grands longerons derrière les roues; 2° l'égale répartition de poids adhérent sur les 4 roues motrices, a lieu à l'aide de balanciers selon la méthode allemande; 3° la chaudière est du pur type Crampton avec foyer ordinaire en prolongement du corps tubé sans renflement; 4° les roues motrices sont ramenées au diamètre commun de $2^{m},10$.

La machine est suivie d'un grand tender à 6 roues, portant 10 tonnes d'eau et 4 tonnes de combustible.

La Cie expose en outre, deux beaux wagons en teck vernis, dont un avec Water-Closet, cette humble addition si demandée du public, et dont si peu d'applications pratiques ont été essayées jusqu'ici.

(1) Voir la bibliothèque technologique de la classe 54.
(2) Voir le grand ouvrage in-folio de M. Regray et Salomon sur tous les modes connus de chauffage des voitures.

3° **Locomotive à 4 essieux de la Cie de Lyon,** *construite aux ateliers de la Cie, à Paris-Bercy. Marié ingénieur en chef, Wenger chef des études, Lelarge chef des ateliers.* — La machine de Lyon, celle d'Orléans qui va suivre et celle du grand central Belge que nous trouverons à la galerie étrangère, sont 3 locomotives à peu près semblables, constituant un des *types* caractéristiques de l'industrie actuelle. Il est l'antipode des Cramptons de l'Est et du Midi, qui précèdent et il reproduit le type russe construit il y a quelques années par le Creusot. L'importance de ce type nous a amené comme pour celui de l'Est à le donner en croquis, p. 93, outre le diagramme de la planche comparative et de plus à reproduire une coupe au 10e publiée il y a 3 mois au *Génie civil* par notre collaborateur Luchard (voir planches II et III).

Par ces divers dessins, on voit que ce qui caractérise la machine de Lyon, ce sont:

1° Son énorme chaudière à tubes longs d'environ 5 mètres, à grand foyer Belpaire et à dôme de la plus grande dimension possible.

2° 4 roues couplées, plus 4 roues porteuses soutenant les extrémités de la machine avec boîtes à graisse en dehors pour les roues d'arrière.

3° Totalité du mécanisme mis à l'extérieur et accroché aux longerons du cadre intérieur, avec des porte-à-faux formidables, mais qui ont subi l'épreuve de plusieurs années et prouvé avec quelle réserve il faut condamner à priori les systèmes qui contrarient nos habitudes.

Quant à la disposition de ce mécanisme extérieur, c'est cet ensemble bien connu qu'on caractérise sous le nom d'Engerth, de même que nous avons caractérisé sous le nom de Crampton la disposition bien connue aussi de l'Est et du Midi.

4° La puissance des organes de la locomotive de Lyon atteint des proportions inusitées jusqu'ici. Les roues motrices n'excèdent pas le diamètre ordinaire de 2m,10; mais les cylindres ont 50 centimètres de diamètre sur 65 de course comme dans les plus grosses locomotives à marchandises.

5° La charge sur les roues motrices est équilibrée à la mode allemande par balanciers et gros ressorts communs.

6° L'abri complet du mécanicien n'a pas été jugé nécessaire sur le réseau de Lyon qui va vers le midi, malgré les violences du mistral, et les locomotives n'y ont toujours que l'écran revenant en toiture avec deux colonnettes de support. La Cie de Lyon reste également fidèle à la forme classique des cheminées à couronnement évasé qui disparaît partout autre part pour de simples raisons d'économie.

Un très-grand tender à 6 roues suit la machine exposée. Son longeron découpé pour loger les ressorts de suspension, le fait ressembler aux tenders allemands de Borsig.

La Cie de Lyon, outre sa machine à grande vitesse, a deux de ses machines à petite vitesse, l'une à 8 roues, l'autre à 6 roues sur lesquelles nous reviendrons bientôt, plus 2 beaux wagons, un pont roulant avec machine à vapeur pour les ateliers et les dépôts, et une puissante machine à essayer les divers modes de graissage que nous comparerons à la machine de Deprez-Napoli qui a le même but, mais à un point de vue différent.

4° **Locomotive à 4 essieux de la Cie d'Orléans,** *construite à ses ateliers de Paris, Ivry 1878, n° 383, Forquenot ingénieur en chef, Thethard chef des ateliers, Durand chef des études.* — Cette machine dont grâce à l'obligeance de la Cie nous pouvons donner les planches IV et V, outre le diagramme de la planche I, ne diffère de la précédente que par un petit nombre de particularités et d'abord par la boîte à feu qui a la forme extérieure du type originaire

de Crampton prolongeant le corps cylindrique sans renflement, l'intérieur du foyer assez réduit en longueur est du système fumivore de Timbrinck-Bonnet avec bouilleur et hotte d'où le combustible chargé à la pêle, descend peu à peu sur une grille inclinée en se distillant pour ainsi dire. La Cie d'Orléans a seule conservé ce système; il a disparu même à l'Est où ses inventeurs Timbrinck et Bonnet étaient ingénieurs. Elle a aussi conservé l'éclatante enveloppe de la chaudière en laiton poli.

Mais là surtout où la machine se spécialise, c'est par le diamètre de ses roues motrices réduit à 2m. La rapidité des coups de piston, selon les ingénieurs d'Orléans atténue les actions perturbatrices en ne laissant pas aux ébranlements le temps de se communiquer à la masse et par la éduction du diamètre des roues on a des bielles d'accouplement plus courtes de 30 cent. que dans les machines de l'Est qui précède. Entre les principes des deux compagnies il y aurait une bien intéressante étude. Ajoutons que comme à l'Est les roues porteuses peuvent se mouvoir dans les courbes à l'aide des plans inclinés, des plaques de garde système exposé par la Cie paraît-il, en 1862, et que les bandages des roues sont agrafés aux jantes à la mode anglaise. La compagnie a commencé en 1873 la construction de ses nouvelles machines rapides et elle en a aujourd'hui une importante série en service.

Nous retrouverons deux autres locomotives de la Cie d'Orléans; elle expose aussi : 1° une voiture de première classe à lits avec éclairage au gaz innovation empruntée à la Belgique et au métropolitain railway de Londres; 2° un fourgon avec un frein particulier de M. Herbelein; 3° un appareil hydraulique a descendre les roues pour les visiter et les changer; 4° un puissant appareil à essayer les essieux et bandages sous 100,000 kilogs de pression; 5° une machine nouvelle à alèser ensemble dans les roues, les œils de bouton de manivelle ou à tourner ceux-ci; 6° des appareils à chauffer les wagons; 7° une petite machine à vapeur pour charriot et pont tournant; 8° un wagon-chasse-neige pour les lignes de montagne; 9° divers outillages d'atelier; 10° enfin divers produits de son établissement de produits chimiques à Ivry.

5° **Locomotive à 3 essieux de la Cie du Nord** (*non exposée), construite sur les plans de la Cie aux ateliers Kœchlin à Mulhouse.* — Quoique non exposée cette locomotive est un type qu'on ne saurait omettre dans ce compte-rendu. La Cie du Nord qui est en voie de prendre, dans son exploitation et son organisation des gares, aux Anglais ce qu'ils ont d'applicable à nos mœurs, a reproduit dans la locomotive rapide qui nous occupe, par excellence ce que les Anglais appellent leurs idées: mouvements intérieurs très-abordables par le relèvement de la chaudière et la forme ondulée du cadre extérieur, en dehors duquel sont les bielles d'accouplement sur manivelles rapportées ainsi que les boîtes à graisse et les ressorts; rien d'ailleurs en porte-à-faux.

La chaudière avec ses tubes courts serait pareillement du type Anglais si elle n'avait pas son immense foyer rectangulaire avec ciel entretoisé du système Belpaire et cette profusion de tringles, de dômes et d'accessoirs qui font le désespoir des Anglais habitués à traiter respectueusement la locomotive comme un monument dont rien ne doit déranger les lignes naturelles.

On remarquera les ressorts de suspension à charge équilibrée au moyen de leviers en équerre réunis par bielle comme dans la machine de l'Est. Quant à l'abri du mécanicien la Cie du Nord n'a encore adopté que l'écran, un peu ramené en toiture par le haut.

En somme sa machine est un des meilleurs types acquis à la traction des trains rapides.

6° Locomotive de la Cie du Nord à 4 essieux et avant-train mobile, *construite sur les plans de la Cie. Delebecque ingénieur en chef, Vissocq, ingénieur des ateliers, Pascal chef des Études.* — C'est la locomotive exposée ne différant de l'autre que par le truck ou bogie mobile formé des quatre roues porteuses disposées en avant-train, comme en Amérique et en Allemagne. On se demande si pareille articulation pour la grande vitesse n'est pas un peu audacieuse, car on va vite au chemin de fer du nord.. Mais sachons que la Cie ne le cède à personne pour le soin et le caractère pratique de ses études, qui ont été si nombreuses et qui ont tant avancé l'art des chemins de fer.

Nous croyons donc volontiers quelle n'a qu'en bonne connaissance de cause introduit l'innovation des truck-mobiles dans la grande vitesse, ce qui permettrait de ne plus la réserver aux seules lignes à grandes courbes et d'en faire bénéficier aussi les lignes des contrées accidentées qui sont nécessairement sinueuses. Quel bienfait, non seulement pour les voyageurs, mais aussi pour le service militaire en cas de guerre!

Du reste nous verrons au compte-rendu des locomotives étrangères que les bogies ne sont plus réservés, qu'à l'Amérique et à l'Allemagne et que les Anglais en essaient aussi l'usage même pour la grande vitesse.

La machine est munie d'un frein à vide (vacuum-breack) système Smith qui sera décrit plus tard en revenant sur les organes de détail, et qui se montre sur la machine par une sorte de trompe verticale.

La locomotive du Nord est suivie d'un tender ordinaire à quatre roues, mais nous croyons savoir qu'on en étudie un nouveau type à 6 roues qui porterait au moins 12 tonnes d'eau avec lequel on irait de Paris à Amiens sans arrêts.

Outre les 2 locomotives rapides nous aurons à rendre compte dans l'exposition du nord d'une troisième locomotive, tender à chaudière verticale et munie d'un treuil, encore une jolie idée Anglaise, pour donner au mouvement des gares cette célérité que nous admirons quand nous allons visiter les railways de la grande Bretagne.

A côté de sa machine tender la Cie du Nord a une voiture à coupé-lits, un fourgon à bagages, un appareil à peser les voitures, un autre pour vérifier les essieux, des signaux électriques et divers dessins.

7° Locomotive à 3 essieux de la Cie de l'Ouest, *construite aux ateliers de Batignolles (anciens ateliers Gouin) n°. 893. en 1878.*— La machine de l'Ouest n'est pas une nouveauté. Voilà plusieurs années que roulent sur les réseaux normand et breton, un grand nombre de ces machines qui par leur franchise d'allure et leur puissance répondent à ce qu'on peut demander d'une locomotive rapide bien qu'elle n'ait que des roues de 1^m,91. C'est un des types les plus élégants qu'on ait créé.

Les cylindres sont à l'intérieur, entre les roues, celles-ci derrière le cadre, qui est extérieur, la boîte à tiroir et la distribution en dehors ainsi que les boîtes à graisse et les ressorts de suspension tous indépendants, les bielles d'accouplement également en dehors sur manivelles rapportées à la mode Anglaise et Autrichienne, le tout est très-abordable et groupé de manière à plaire aux yeux. En général le matériel de l'Ouest, a une touche de bon goût, un cachet d'artiste en carrosserie, et nous avons toujours beaucoup aimé sa machine dont notre croquis fig. 7. n'a pu que reproduire les dispositions fondamentales sans en donner les détails si bien groupés.

La coulisse de distribution est d'un système particulier qui sera décrit plus tard. Une autre disposition est à remarquer : c'est celle de l'essieu coudé système Martin supporté en son milieu par un longeron intermédiaire qui, outre le cadre ordinaire proprement dit, existe sous la chaudière et dans l'axe, avec boîte à

graisse et un ressort de suspension disposé en dessous. le tout appuyant sur le milieu de l'essieu moteur. Tout cet ensemble participe du type Anglais et rappelle mieux encore le type Polonceau Français qui fut une des merveilles de l'exposition de 1867.

La locomotive rapide de l'Ouest est accompagnée d'un tender à quatre roues qui a comme particularité de chaque côté, des marches-pieds très bien établis avec mains courantes pour aller visiter en route les boîtes à graisse et même pour établir en cas d'accidents la communication avec le fourgon du chef du train.

Outre sa locomotive rapide la Cie de l'Ouest offre pour nos comptes-rendus ultérieurs : 1° une locomotive à petite vitesse; 2° une locomotive pilote machine tender portant tous les agrès qui peuvent être nécessaires en cas de secours à porter; 3° une belle voiture de première classe ; 4° un wagon dont le service militaire sera sans doute satisfait; 5° un beau tour à roues avec trois plateaux; 6° une machine à essayer les bandages en place, et divers appareils de service ainsi que des dessins, notamment un appareil à alimenter d'eau chaude les chaufferettes des wagons, pour lequel il faut renvoyer le lecteur à l'ouvrage déjà cité de M. Regray et Salomon sur le chauffage des voitures.

Ici se termine le compte-rendu des locomotives rapides de la section française qui réunit tous les types connus sur nos lignes, résumons-nous :

1° Toutes ont quatre grandes roues couplées, trois ont en outre quatre roues porteuses :

2° Le diamètre des roues motrices est de $2^m,30$ dans la machine de l'Est, 2 mètres dans celle d'Orléans, $1^m,91$ dans celle de l'Ouest et $2^m,10$ dans toutes les autres.

3° Les locomotives de l'Est et du midi sont des Crampton à 4 roues, celles de Lyon et d'Orléans peuvent presque être appelée des Engerth à roues inégales, Celles du Nord et de l'Ouest sont à peu près des Anglaises.

4° Orléans et Lyon ont des chaudières à longs tubes d'environ 5 mètres; cette longueur est d'environ 3,50 dans toutes les autres.

5° Le Nord, l'Est et Lyon ont des grands foyers Belpaire; tous ont des dômes énormes; les cheminées évasées, système Sinclair, dominent.

6° Les mouvements sont intérieurs en tout au Nord et en partie à l'Ouest et extérieurs à l'Est, au Midi, à Lyon et à Orléans.

7° L'abri du mécanicien n'est complet qu'à l'Est et à Orléans ; le Nord et l'Ouest restent avec le simple écran.

8° Les tenders, jusqu'ici assez petits en France, commencent à recevoir de grandes dimensions et à être portés sur 6 roues.

Passons maintenant aux locomotives rapides de l'étranger.

(*A suivre.*

LA TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE

PAR

M. LE COMTE T. DU MONCEL

Membre de l'Institut (Académie des sciences)

Le télégraphe électrique joue cette année un rôle important à l'Exposition, et presque tous les systèmes télégraphiques, jusqu'ici inventés, s'y retrouvent représentés en plus ou moins grand nombre, surtout dans l'exposition française de la classe 65. Nous avons décrit la plupart de ces systèmes dans notre exposé des applications de l'électricité (1) et dans une série d'articles que nous avions publiés en 1867, dans l'ouvrage de M. Lacroix, sur l'Exposition de cette époque. Il nous paraît, en conséquence, inutile d'y revenir cette année; mais nous devrons, en revanche, entrer dans de grands détails sur les appareils nouveaux qui ont, à bon droit, excité l'intérêt et l'admiration des spécialistes, et qui ont en quelque sorte inauguré une nouvelle ère de la télégraphie. De ce nombre sont : 1° Les télégraphes multiples à combinaisons de signaux élémentaires; 2° Les télégraphes à transmissions simultanées fondés sur les vibrations synchroniques de sons transmis électriquement; 3° Les télégraphes imprimeurs automatiques.

Systèmes télégraphiques à transmissions multiples et à combinaisons de signaux élémentaires.

La question de diminuer le temps de la transmission des signaux télégraphiques et de laisser le moins longtemps possible les lignes inactives, a de tout temps préoccupé l'esprit des inventeurs, et de nombreuses solutions ont été proposées à différentes époques pour obtenir ce résultat. Indépendamment des perfectionnements apportés aux manipulateurs et aux récepteurs, et sans parler des transmissions automatiques ni des transmissions simultanées faites dans un sens opposé à travers le même fil, on a cherché à résoudre le problème, en disposant les signaux eux-mêmes de manière à être transmis le plus promptement possible. Or, à ce point de vue même, le problème pouvait présenter plusieurs solutions. S'il s'agissait de signaux de convention écrits, on pouvait faire en sorte de diminuer le nombre des traces élémentaires appelées à les fournir, en disposant ces traces sur des lignes différentes; on pouvait en même temps en diminuer les temps de transmission, en faisant ces traces toutes égales et d'une longueur ne dépassant pas le point des signaux Morse. Dans ces conditions, en effet, non-seulement on accélérait les transmissions par la moindre durée des contacts électriques, mais la ligne étant toujours chargée au même potentiel, la propagation électrique pouvait se faire plus rapidement, sans avoir à employer

---

(1) *Exposé des applications de l'Electririté*, par M. le C[te] Du Moncel, membre de l'Institut, 3e édition 1872-73, 5 vol. gr. in-8, ensemble 2,900 pages, 770 figures et 23 pl. E. Lacroix, 54 rue des Saints-Pères.

des courants de compensation, comme on est obligé de le faire avec le système alphabétique de Morse, quand on fait usage des appareils rapides. Il est vrai qu'en supprimant l'élément de combinaison, basé sur l'inégale longueur des traces, on compliquait les signaux, mais on pouvait éviter cette complication en augmentant le nombre des positions différentes que les éléments de signaux pouvaient occuper, les uns par rapport aux autres, et ce nombre de positions pouvait être accru sans nécessiter plusieurs fils à la ligne, en mettant à contribution les deux sens du courant et en faisant intervenir entre les manipulateurs et les récepteurs, des distributeurs analogues à ceux du système Meyer. On pouvait même par ce moyen combiner un assez grand nombre de traces différemment placées pour figurer la lettre transmise et la rendre lisible pour tout le monde.

S'il s'agissait de types romains imprimés, le problème devenait plus difficile, car les différents caractères alphabétiques ayant une position respective déterminée, les émissions de courant provoquant leur impression, se trouvent forcément espacées inégalement, du moins si on emploie à cet effet une roue des types, animée d'un mouvement régulier, et le temps ainsi employé pour passer d'une lettre à l'autre ne peut être utilisé dans les conditions ordinaires, en raison même de son irrégularité. D'un autre côté, si au lieu d'employer une roue des types, on a recours à des systèmes électro-magnétiques distincts pour chaque lettre, il faudrait, pour conserver un seul fil à la ligne, employer des distributeurs qui, par rapport aux espacements des temps d'impression, seraient placés dans les mêmes conditions que la roue des types. Toutefois, si nous supposons que par une disposition particulière, un manipulateur puisse avec une combinaison simple d'émissions de courants, préparer, à la station de réception, l'impression des différents signaux sur un appareil d'attente capable de maintenir l'action déterminée, jusqu'au moment où cette impression doit se faire, on pourra concevoir la possibilité pour la ligne d'être utilisée à de nouvelles transmissions (faites par d'autres appareils télégraphiques) pendant les temps d'inaction qui séparent deux impressions successives, et on comprendra aisément qu'en réglant la marche des différents appareils mis en jeu, sur le temps maximum exigé pour la transmission du signal le plus compliqué, on pourra faire se succéder régulièrement les uns aux autres, les moments d'impression des différents récepteurs, et établir ainsi pour les appareils imprimeurs le système de la transmission multiple. C'est dans cet ordre d'idées, qu'ont été combinés les systèmes dont nous allons parler dans cet article, et dont les types les plus intéressants sont ceux de MM. Baudot et Schaeffler, tous deux exposés, l'un dans la section française, l'autre dans la section autrichienne. Nous commencerons naturellement par nous occuper de celui de M. Baudot qui est le premier en date et qui a été combiné de deux manières ; mais comme la dernière disposition est une dérivation de l'autre, nous nous occuperons principalement de la première, parce qu'elle est plus facile à comprendre et que c'est elle, jusqu'à présent, qui a subi l'épreuve de l'expérience.

Système de M. Baudot. — A l'époque où le système de M. Baudot a été conçu, on s'occupait beaucoup du télégraphe à transmissions multiples de M. Meyer, qui avait donné d'excellents résultats, et M. Baudot chercha s'il n'y aurait pas moyen d'appliquer le principe de ce système au télégraphe imprimeur de Hughes en usage alors sur les principales lignes d'Europe ; mais ce problème était, comme on l'a vu précédemment, difficile à réaliser, précisément à cause de l'inégal espacement des impressions qui pouvait varier depuis 1 temps jusqu'à 28 temps sans qu'il y eût moyen de le régulariser, puisque la roue des types, dans ce télégraphe, marche d'une manière parfaitement uniforme. C'est en

cherchant à résoudre ce problème par un moyen détourné, que M. Baudot fut conduit au système ingénieux qui, dans son appareil, a été appelé *combinateur* et qui lui a permis, en en faisant un *appareil d'attente* pour les signaux transmis, de faire usage des systèmes télégraphiques imprimeurs à mouvements synchroniques, et d'utiliser à d'autres transmissions les intervalles de temps qui pouvaient exister entre la formation des signaux sur cet appareil d'attente et leur impression. C'est en 1874 que cette invention importante a été brevetée, et elle constitue par son objet même une différence bien marquée entre le système Baudot et les systèmes de MM. Highton et Whitehouse et autres qui avaient précédé.

Il s'agissait alors de combiner un système de signaux multiples qui pût avec le nombre le moins grand possible de signaux simples, fournir la représentation des 28 lettres de l'alphabet. Le problème n'était pas difficile, car, indépendamment des moyens qu'indique pour cela la théorie des combinaisons algébriques, il suffisait à M. Baudot de se reporter au télégraphe bien connu à 5 aiguilles de Wheatstone pour savoir qu'avec cinq éléments de signaux combinés deux à deux, trois à trois, quatre à quatre, etc, il pouvait obtenir 31 combinaisons susceptibles de représenter les lettres de l'alphabet et les signaux les plus usités en télégraphie. Comme, au moyen d'appareils distributeurs placés aux deux extrémités de la ligne, il pouvait faire réagir successivement les courants transmis sur les organes électro-magnétiques appelés à fournir les signaux élémentaires, le problème de la transmission directe de tous les signaux alphabétiques sur le combinateur se trouvait ainsi résolu d'une manière assez simple, sans nécessiter, comme le télégraphe Wheatstone, cinq fils à la ligne.

Voici maintenant comment M. Baudot s'est rendu compte des avantages que présente cette disposition télégraphique, au point de vue de la célérité des transmissions.

Si dans un temps t, on peut transmettre un signal simple, on pourra dans un temps double $2\,t$ et par l'intervention du distributeur qui aura permis de mettre en jeu un nouveau signal, transmettre trois signaux différents, deux qui seront isolés et un résultant de leur combinaison. Dans un temps triple $3\,t$, et avec un nouvel élément de signal en plus fourni par le distributeur, on pourra en transmettre 3 isolément, et 4 en combinaison, en tout 7. Dans un temps quadruple $4\,t$, le nombre de ces signaux différents pourra s'élever ainsi jusqu'à 15, et dans un temps quintuple $5\,t$, on pourra choisir entre 31 signaux différents, correspondant aux différentes lettres de l'alphabet. Pendant ce temps, $5\,t$, le signal le plus compliqué, pourra donc être reproduit. Or, en admettant que chaque permutation du fil de ligne sur les distributeurs se fasse dans le même temps que celle d'une lettre à l'autre sur l'imprimeur, on pourrait préparer sur celui-ci l'impression de telle lettre qu'on voudrait pendant que la roue des types aurait effectué seulement les $\frac{5}{28}$ de sa révolution. Toutefois, comme il faut un certain temps pour préparer un signal, il faut admettre qu'une partie de la révolution de cette roue est employée à cette préparation, et M. Baudot lui attribue un quart de sa circonférence. Les trois autres quarts correspondent donc aux 28 signaux alphabétiques, et si l'on suppose que cette roue des types fasse comme dans le Hughes deux révolutions par seconde, chacun des contacts du distributeur correspondant à un type de la roue en question, aura une durée représentée par $\frac{0''5}{28 + 9} = 0'', 0135$, et cette durée est plus que suffisante, puisque d'après les expériences faites avec l'appareil Hughes, on a reconnu que le temps t, nécessaire à la transmission d'un signal sur une ligne de 500 kilom., ne dépasse pas 0",003. Or, en partant de cette durée 0",0135, on trouve que le

distributeur marchant synchroniquement avec les roues des types, pourrait effectuer 7 transmissions multiples pendant chaque révolution de ces roues (1), lesquelles transmissions multiples pourraient, par conséquent, provoquer l'impression de 7 lettres sur 7 récepteurs, en une demi-seconde, soit 840 lettres par minute ou 504 dépêches de 20 mots par heure. Si on augmentait la vitesse des distributeurs et des récepteurs, au point de n'attribuer aux transmissions qu'une durée de 0",003, le rendement pourrait être porté à plus de 1000 dépêches à l'heure. Ces calculs, toutefois, ne doivent être considérés que comme purement théoriques, et dans la pratique il ne faut guère compter que sur un rendement proportionnel au nombre des transmissions multiples qui peuvent être établies. Or, dans l'appareil de M. Baudot, ce nombre ne dépasse pas cinq et, admettant qu'avec les Hughes on puisse transmettre 1 lettre et demie par tour, on ne pourra obtenir avec l'appareil Baudot qu'une augmentation de rendement dans le rapport de 5 à 1, 5 soit un peu plus de trois fois. L'expérience a montré toutefois, qu'on ne pouvait transmettre plus de 200 dépêches par heure sur la ligne de Paris à Bordeaux.

D'après ce préambule, on voit que le système Baudot, comme du reste ceux de MM. Highton et Whitehouse, etc., comporte quatre sortes d'appareils différents, des manipulateurs, des appareils intermédiaires d'attente ou combinateurs, des récepteurs et un distributeur général dont la fonction est non-seulement de mettre successivement la ligne en rapport avec chacun des systèmes télégraphiques, mais encore de faire produire à un seul fil de ligne les mêmes effets qu'à une ligne de cinq fils. Nous allons étudier successivement ces divers organes, mais auparavant nous devons dire que ces appareils sont disposés pour cinq transmissions multiples et que, comme ceux du télégraphe de M. Meyer, les différents systèmes qui les composent sont établis sur une même table, disposée de manière à permettre à cinq employés d'être installés commodément sur ses côtés. A cet effet, cette table porte sur chacun de ses côtés, trois parties avancées sur lesquelles sont fixés les appareils propres à chaque transmission, et les employés sont placés dans les parties rentrantes. Le milieu de la table est occupé par les appareils moteurs, le distributeur, et l'arbre destiné à fournir le mouvement à tous les récepteurs; on peut en voir, fig. 2, la disposition pour l'un des récepteurs.

Manipulateur. — Chacun des munipulateurs qui est représenté vu par dessus fig. 1, se compose d'un clavier de cinq touches, ou pour mieux dire, d'une planche verticale AB derrière laquelle se trouvent articulées cinq espèces de clefs Morse, 3 à droite, 2 à gauche, lesquelles sont disposées les unes au-dessus des autres, de manière que les doigts des deux mains puissent facilement réagir sur les manettes qui les terminent. Ces clefs appuient du côté opposé à la manette et par l'intermédiaire d'un ressort, sur une tige métallique commune K qui les maintient dans une position fixe; elles se trouvent d'ailleurs garnies des deux côtés du levier, au-dessus de la manette elle-même, de quatre fourchettes à ressort FF, qui frottent chacune sur deux lames, dont l'une est continue et l'autre coupée en deux, ce qui constitue, pour chaque touche, un quadruple commutateur. Cette disposition compliquée a été adoptée pour faire en sorte, comme dans le télégraphe rapide de Wheatstone, que les émissions de courants

(1) Chaque lettre exigeant 5 contacts successifs, de 0",0135 ou une durée totale de 0",675, chaque tour du distributeur effectué en 0",5 ne peut mettre en action qu'un nombre de récepteurs représenté par le rapport de 0',5 à 0",0675; or, ce nombre est 7.407.

puissent être positives et négatives, et que celles succédant à des émissions déjà produites dans le même sens, puissent se trouver effectuées sous une influence électrique de moindre énergie que celles produites pour la première fois, ou que celles qui succèdent à des émissions inverses. La fig. 4 représente les dispositions électriques de ces commutateurs et leur mode de liaison avec le distributeur, qui est représenté en partie développé sur une surface plane, à gauche de la figure. Mais avant de parler de ces liaisons, il importe que nous disions quelques mots de la manière dont sont reliés ensemble les divers appareils, et comment est disposé le distributeur lui-même; on devra en conséquence se reporter à la fig. 2.

On a déjà vu que dans ce système, tous les récepteurs sont mis en mouvement par un même arbre moteur ; cet arbre est en *hh*, et son mouvement est

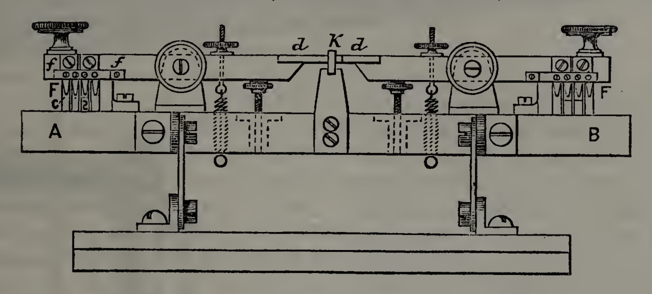


Fig. 1.

fourni par un mécanisme d'horlogerie assez puissant, qui n'a pas besoin d'une grande précision, car il est, comme on le verra plus tard, réglé électriquement à chaque tour de l'arbre moteur ; il n'en est pas de même d'un second mécanisme d'horlogerie M placé à l'autre bout de la table et qui met en mouvement le distributeur fixé en D. Non-seulement il doit être régularisé au moyen d'une lame vibrante, comme dans l'appareil Hughes, mais le distributeur lui-même doit être encore muni d'un double mécanisme correcteur, afin de le faire marcher tout à fait synchroniquement avec celui du poste correspondant, et d'assujettir à ce synchronisme la marche des récepteurs qu'il gouverne. Pour obtenir ce double effet, le système mobile G du distributeur porte une sorte de boîte d'engrenage V dont nous parlerons à l'instant, et au moyen de laquelle il peut avoir son mouvement suspendu pendant un temps plus ou moins court, quand il est en avance sur son correspondant. D'un autre côté, l'arbre moteur *hh*, qui fait tourner les récepteurs R, traverse l'axe m' du système mobile du distributeur, de manière à tourner concentriquement avec lui, tout en conservant un mouvement tout à fait indépendant. Avec cette disposition, on comprend qu'il suffit d'adapter à cet arbre *hh* un disque d'ébonite ZZ, muni d'un contact métallique, pour qu'un frotteur particulier s'' porté par le système mobile G du distributeur, puisse réagir électriquement sur un frein adapté au mécanisme moteur de l'arbre, et ralentir son mouvement à chaque tour de celui-ci, s'il arrive, comme cela du reste doit avoir lieu, puisque ce mécanisme n'a pas de modérateur, que ce mouvement tend à prendre une vitesse de plus en plus accélérée. Nous étudierons plus tard ce dispositif, mais pour terminer avec les liaisons des différents appareils entre eux, nous devrons ajouter que chaque récepteur R, est accompagné d'un combinateur C, et que ces combinateurs sont à la fois reliés aux distributeurs D des deux stations en correspondance et aux mécanismes des récepteurs auxquels ils correspondent. Cette liaison est purement électrique dans le premier cas, mais elle est à la fois

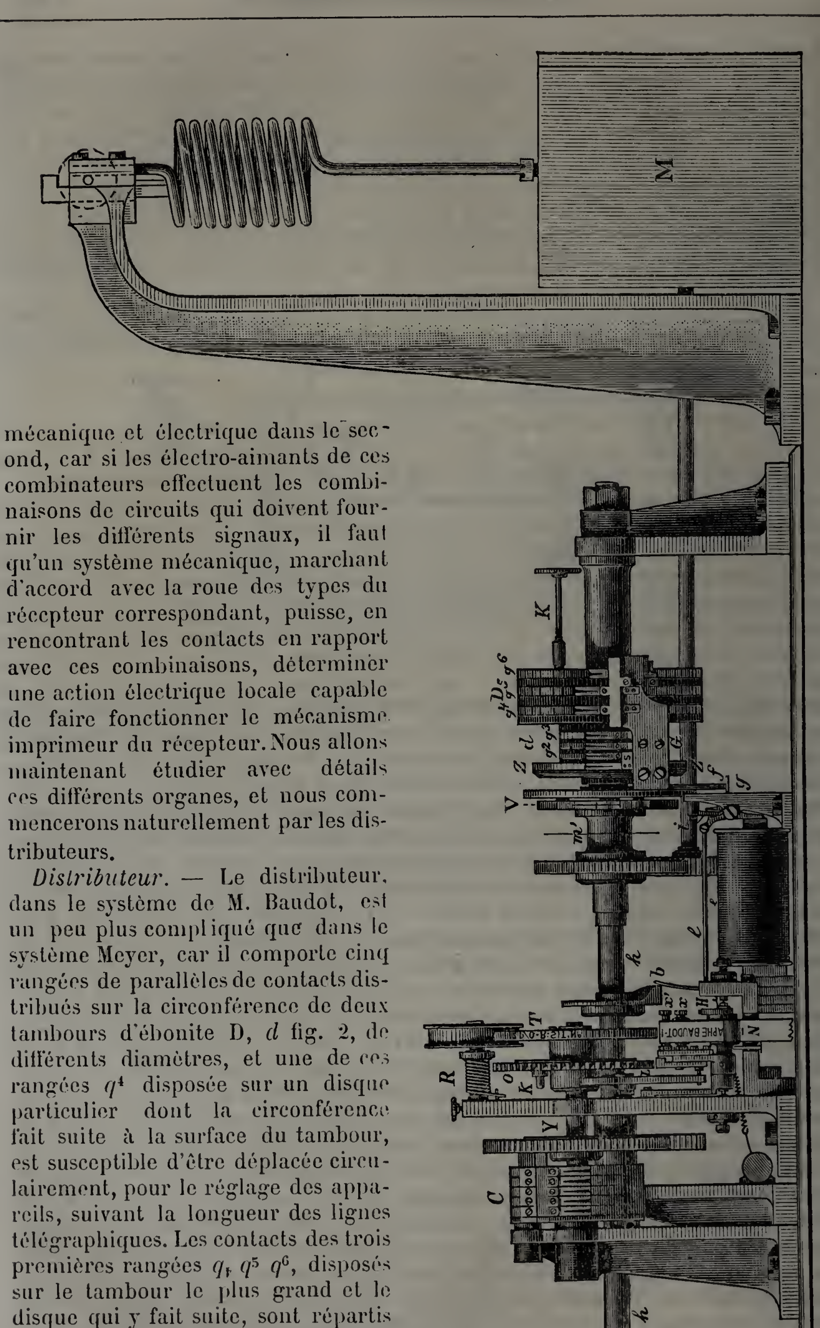


Fig. 2.

mécanique et électrique dans le second, car si les électro-aimants de ces combinateurs effectuent les combinaisons de circuits qui doivent fournir les différents signaux, il faut qu'un système mécanique, marchant d'accord avec la roue des types du récepteur correspondant, puisse, en rencontrant les contacts en rapport avec ces combinaisons, déterminer une action électrique locale capable de faire fonctionner le mécanisme imprimeur du récepteur. Nous allons maintenant étudier avec détails ces différents organes, et nous commencerons naturellement par les distributeurs.

Distributeur. — Le distributeur, dans le système de M. Baudot, est un peu plus compliqué que dans le système Meyer, car il comporte cinq rangées de parallèles de contacts distribués sur la circonférence de deux tambours d'ébonite D, *d* fig. 2, de différents diamètres, et une de ces rangées q^4 disposée sur un disque particulier dont la circonférence fait suite à la surface du tambour, est susceptible d'être déplacée circulairement, pour le réglage des appareils, suivant la longueur des lignes télégraphiques. Les contacts des trois premières rangées q_4 q^5 q^6, disposés sur le tambour le plus grand et le disque qui y fait suite, sont répartis pour chacune de ces rangées, en six séries, ayant six contacts chacune, sauf la dernière qui n'en a que

quatre ; celle-ci est réservée à la correction dont on verra plus tard le mode d'action, et les cinq autres correspondent aux cinq systèmes télégraphiques destinés à fournir la transmission multiple ; leurs contacts sont en conséquence reliés, pour l'une des rangées, aux manipulateurs, et pourles autres rangées aux combinateurs et aux récepteurs de chacun de ces systèmes ; cependant un de ces contacts, le dernier dans chaque série, est relié directement au pôle négatif de la pile de ligne, et ne joue qu'un rôle passif, comme on le verra à l'instant. Les deux dernières rangées de contacts q^2 q^3, qui sont fixées sur le petit tambour d et qui ne sont autre chose que deux anneaux divisés en six parties égales, ont pour objet de relier à la ligne, par l'intermédiaire de frotteurs du distributeur, les contacts de la première rangée et de la seconde, suivant qu'un commutateur mis à la disposition de chaque employé, dispose la ligne pour la transmission ou la réception. La figure 4, représente le développement de ces contacts et leur mode de liaison avec les différents organes de l'appareil.

Les contacts de la première rangée du grand tambour correspondent par séries aux cinq manipulateurs, et sont reliés individuellement à chacune des touches du manipulateur correspondant ; ce sont donc des contacts de transmission. Ceux de la seconde rangée sont les contacts de réception et correspondent comme les premiers, par séries, aux cinq combinateurs, tout en étant reliés individuellement aux cinq électro-aimants qui font partie de chacun des combinateurs. Enfin les contacts de la troisième rangée communiquent encore par séries, à la fois avec les électro-aimants des combinateurs locaux par les contacts de réception auxquels ils sont reliés par un frotteur en U qui appuie sur les deux rangées, et avec les manipulateurs, par l'un des commutateurs des touches que nous appellerons commutateur local. C'est par l'intermédiaire des contacts de cette troisième rangée, que les dépêches sont imprimées au départ et que les combinateurs sont ramenés à leur position normale avant qu'ils soient de nouveau mis en jeu, (fig. 4.)

Au-dessus du distributeur qui est fixe, sauf la partie correspondante à la première rangée de contacts, appuient les ressorts permutateurs, lesquels sont au nombre de sept. Cinq correspondent aux cinq rangées de contacts dont nous avons parlé. et le sixième qui est précisément le ressort en U mentionné à l'instant, précède les autres dans leur marche, d'une distance égale à la longueur d'un des contacts.

Ces ressorts sont fixés sur un bras tournant V G, fig. 2, mis en mouvement par un axe creux m', dépendant du mécanisme d'horlogerie régularisé M, et à travers lequel passe, comme on l'a vu, l'extrémité de l'arbre horizontal hh, qui commande le mouvement des récepteurs. Ce mouvement n'est toutefois communiqué à ce bras que par l'intermédiaire de la boîte d'engrenage dont il a été question, et qui n'est autre qu'une roue à rochet V, à laquelle il est relié par un fort cliquet à plusieurs dents. Ce cliquet, représenté en grand en O (fig. 3, avec ses accessoires, réagit du côté opposé sur une bascule munie d'une cheville c qui, à chaque révolution du bras G portant les ressorts, vient passer au-dessus d'un levier articulé l p, dont le bout est terminé par un plan incliné n. Ce levier est enclanché sur une détente électro-magnétique i, fig. 2, adaptée à l'armature a d'un électro-aimant particulier e, et cet électro-aimant est en rapport avec les contacts de correction du distributeur. Or, il résulte de ce mécanisme, une correction sans cesse renouvelée qui maintient les mouvements des bras mobiles des deux distributeurs en correspondance, dans un état de synchronisme parfait. En effet, la position de la cheville c fig. 3, du cliquet d'embrayage dans les deux distributeurs, est telle, que quand les mouvements sont parfaitement synchroniques, cette cheville, sur les deux appareils, arrive en même temps au commencement du plan incliné p du levier enclanché ; or, précisément à ce moment-

là les frotteurs des distributeurs sont arrivés, aux deux stations, sur les contacts de correction dont nous avons parlé, et, comme ces contacts sont reliés à un électro-aimant correcteur *e*, ils peuvent transmettre le courant à travers celui-ci et dégager le levier enclanché *p*. Dès lors le cliquet d'embrayage *l* peut passer par dessus le plan incliné *p* de ce levier sans désembrayer le mécanisme moteur des frotteurs. Si au contraire l'un des mouvements est plus rapide que l'autre, le contact qui fait réagir l'électro-aimant correcteur ne s'effectue sur l'appareil marchant le plus rapidement, qu'après le passage du cliquet *c* sur le levier enclanché *l p* et celui-ci désembraye alors ce cliquet, qui ne peut se réembrayer qu'après avoir franchi le plan incliné *p*; il en résulte naturellement un petit retard dans la marche du bras portant les frotteurs, et ce retard peut suffire pour compenser la plus grande vitesse dont il était animé. Cette action est d'ailleurs assurée par un second levier articulé *r* qui appuie sur le plan incliné *p* et au-dessous duquel s'engage la cheville *c*. Comme l'électro-aimant *e* est un électro-aimant Hughes, son armature *a* doit être remise en position, et cette fonction s'effectue en même temps que le renclanchement du mécanisme, par l'action des deux excentriques *b* et *f*, fig. 2, qui réagissent sur elle par l'intermédiaire de deux leviers *l* et *g*, l'action de l'une devançant un peu celle de l'autre. Ce système de correcteur a toutefois été changé dans l'appareil qui se trouve actuellement à l'exposition, et nous aurions pu décrire la nouvelle disposition, si ce modèle ne devait pas être encore modifié dans les prochains appareils qui seront construits.

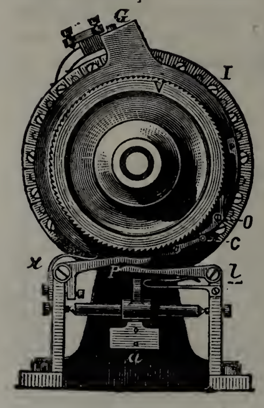


Fig. 3.

Comme les contacts en rapport avec la seconde rangée du distributeur ne peuvent correspondre, en position, à ceux de la première rangée, puisque l'effet produit ne peut se faire au même moment à l'arrivée et au départ, et que ce défaut de correspondance est plus ou moins accentué suivant la longueur de la ligne, il est nécessaire, pour mettre ces contacts d'accord entre eux, de régler la position réciproque des deux disques qui les portent, c'est pour cela que le premier q^1 est susceptible de se déplacer sur son axe. Ce déplacement est effectué au moyen d'une clef à pignon K (fig. 2), engagée dans une fenêtre adaptée au disque mobile et dont l'un des bords, parallèles à sa circonférence, est muni d'une petite crémaillère.

Au moyen de ce système, les frotteurs des deux distributeurs en correspondance passent donc au même moment, aux deux stations, sur les contacts homologues de chaque série, et peuvent, de cette manière, établir successivement la jonction par la ligne des différentes touches de chaque manipulateur avec les électro-aimants du combinateur correspondant. Seulement comme l'action est successive, il faut nécessairement que ces électro-aimants maintiennent leur armature dans la position que leur a fait prendre le courant qui les a traversés, afin que cette action, en se combinant à une ou plusieurs autres dans le combinateur, puisse fournir le signal voulu. C'est pour cette raison qu'on a dû employer des électro-aimants à armature polarisée.

Combinateur. — Le combinateur se compose, comme le distributeur, d'une partie fixe et d'une partie mobile, et en plus d'un système électro-magnétique composé des cinq électro-aimants dont nous avons parlé, et qui agit à la manière d'un système multiple de relais à double contact. La fig. 4 en donne une représentation théorique.

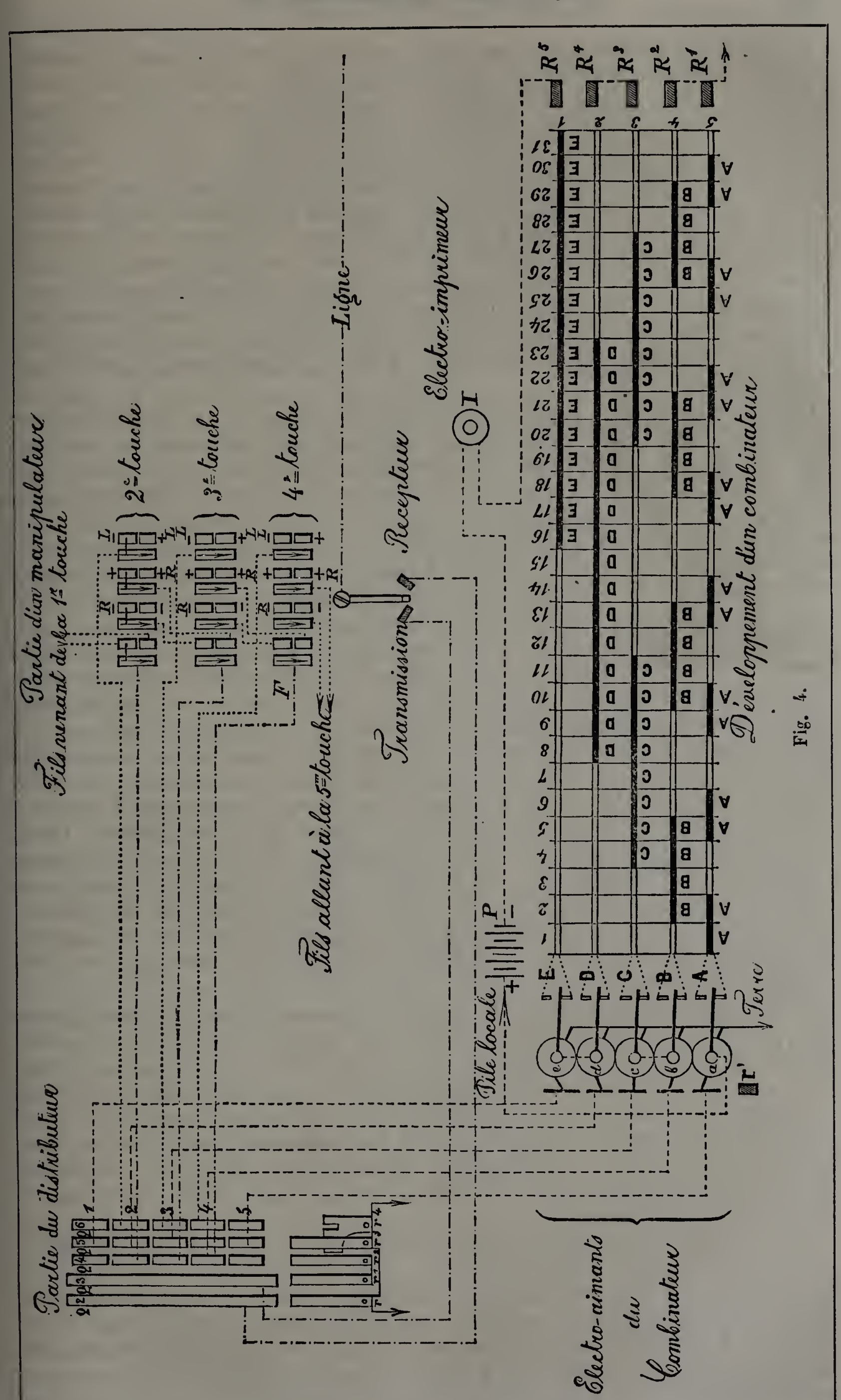

Partie d'un manipulateur
Fils venant de la 1re touche
2e touche
3e touche
4e touche
Fils allant à la 5me touche
Ligne
Récepteur
Transmission
Electro-imprimeur
Pile locale
Terre
Partie du distributeur
Electro-aimants du Combinateur
Développement d'un combinateur

Fig. 4.

La partie fixe est constituée par cinq doubles disques métalliques à rebord circulaire échancré, disposés de telle façon que le vide pratiqué dans l'un des rebords, se trouve à peu près rempli par une partie saillante évidée dans le rebord du disque juxtaposé. Ces deux parties de chaque disque se trouvent isolées l'une de l'autre, de telle sorte que la circonférence qu'ils constituent extérieurement, est composée de parties qui peuvent être inégales en longueur, mais qui sont isolées l'une de l'autre et qui appartiennent alternativement à deux disques différents, susceptibles d'être mis en rapport électrique avec des circuits différents. Tous ces doubles disques, toutefois, sont pourvus en un point de leur circonférence, qui est le même pour tous, et sur un arc d'environ 80 degrés d'une très-grande échancrure remplie par une matière isolante, qui laisse l'appareil inactif pendant environ le quart d'une révolution de sa partie mobile, et c'est précisément pendant ce temps que les employés préparent leur signal aux manipulateurs.

Dans la figure 4, on a supposé les anneaux formés par ces différents systèmes de doubles disques, développés en ligne droite, et pour distinguer les unes des autres les parties appartenant à chaque disque accouplé, on les a teinté les unes en noir, les autres en blanc. Comme ces parties noires et blanches ne sont, par le fait, que des contacts isolés, reliés aux contacts des armatures des 5 électro-aimants du système électro-magnétique, nous les distinguerons les uns des autres en appelant *noirs* les contacts indiqués en noir, et *blancs* les contacts non teintés. Cela posé, nous allons examiner comment sont établis ces différentes séries de contacts, les unes par rapport aux autres.

L'anneau du bas A A et *c*, (fig. 4) que nous désignerons sous le n° 5, porte comme on le voit, 8 contacts noirs et 8 contacts blancs de même longueur, sauf le dernier des blancs qui n'est que moitié des autres. Si l'on suppose la partie métallique de ces disques divisée en 31 parties égales, chacun des contacts noirs et blancs de ce cinquième anneau correspondrait à 2 divisions, sauf le dernier des blancs qui n'en comprendrait qu'une. Le quatrième anneau ne porte que 4 contacts noirs et 5 contacts blancs, qui correspondent chacun à 4 divisions, sauf les deux derniers qui sont blancs et ne comprennent que 1 et 2 divisions. Ils se trouvent placés par rapport aux contacts du cinquième anneau, de telle manière que les contacts noirs commencent et finissent au milieu de chacun des contacts noirs de ce cinquième anneau. Le troisième anneau ne porte que deux contacts noirs et 3 contacts blancs, et ces contacts noirs, comme précédemment, sont disposés de manière à commencer et à finir au milieu de deux contacts consécutifs noirs du quatrième anneau, ce qui fait que les deux contacts blancs qui sont aux extrémités, ne comprennent que 3 et 4 divisions, tandis que les autres en comprennent 8. Le deuxième anneau n'a plus qu'un seul contact noir et deux contacts blancs qui comprennent, le premier 16 divisions, les seconds, 8 et 7 divisions, et, comme toujours, le contact noir commence et finit au milieu des deux contacts noirs du 3e anneau. Enfin le premier anneau n'a plus qu'un contact noir et un contact blanc, le premier comprenant 16 divisions, le dernier 15, le contact noir commence alors à l'une des extrémités de l'échancrure et finit au milieu du contact de même nature du 2e anneau.

Si l'on considère avec attention la disposition réciproque de ces divers contacts, on reconnaît immédiatement que, grâce à cet agencement, cinq ressorts R^1, R^2, R^3, R^4, R^5, placés en ligne droite et qui tourneraient autour de ces cinq anneaux, ne peuvent jamais rencontrer au même instant *deux séparations* de contacts noirs et blancs, et par conséquent les fonctions de chacun d'eux sont nettement déterminées pour le complément des fermetures du circuit local à travers le mécanisme imprimeur. Les divers contacts noirs et blancs de ces anneaux sont d'ail-

leurs reliés par des fils aux doubles contacts A, B, C, D, E, des 5 électro-aimants du combinateur dont il a été question précédemment, et qui constituent ce que nous appellerons le *Rhéotome électro-magnétique*. Cette liaison est faite de telle manière que les contacts blancs correspondent aux contacts inférieurs sur lesquels reposent les armatures en temps normal, et que les contacts noirs correspondent aux contacts supérieurs sur lesquels appuient ces armatures quand elles sont déviées. En examinant la position de telle ou telle des armatures *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, on pourra aisément, d'après cette explication, trouver les voies ouvertes à travers le combinateur.

Le système électro-magnétique n'est d'ailleurs autre chose que cinq électro-aimants polarisés de Siemens, dont l'armature oscille entre deux butoirs, formant les contacts précédents A, B, C, D, E, et se trouve maintenu dans la dernière position qu'elle a occupée par suite de sa polarité et du magnétisme rémanant de l'électro-aimant. Ces armatures étant les organes commutateurs destinés à mettre en action le mécanisme imprimeur, sont naturellement reliées à ce mécanisme et à pile locale P dont le circuit doit être complété par le combinateur ; mais comme elles peuvent agir en plus ou moins grand nombre, elles doivent, avec les différents anneaux du combinateur, faire partie intégrante d'un circuit continu fermé par le système mobile du combinateur et, par conséquent, être reliées entre elles deux à deux, sauf celle qui communique directement à la pile P. C'est pour cette raison que les armatures *b* et *c*, *d* et *e* sont réunies métalliquement comme on le voit sur la figure.

La partie mobile du combinateur se compose comme celle du distributeur, d'une série de 5 frotteurs à ressorts R^1, R^2, R^3, R^4, R^5, adaptés à un bras monté sur l'axe de la roue des types et qui tourne avec elle, et comme les 31 caractères que porte cette roue correspondent exactement aux 31 divisions d'après lesquelles ont été établis les contacts du combinateur, ces ressorts passent successivement devant ces différentes divisions, en même temps que les différents caractères de la roue des types passent devant le mécanisme imprimeur. En conséquence, si la roue des types est convenablement placée par rapport à ce système frotteur, on pourra faire en sorte qu'au moment où ce système atteindra la dixième ou quinzième division du combinateur, par exemple, la dixième ou quinzième lettre se trouve mise en position d'être imprimée.

Le système mobile du combinateur étant la contre-partie du système électro-magnétique et devant compléter le circuit dont la voie est préparée par ce dernier système, doit avoir ses frotteurs reliés deux à deux comme les armatures des électro-aimants; seulement cette liaison doit se faire d'une manière opposée, afin que le courant transmis circule en serpentant à travers les cinq anneaux du combinateur; aussi ce sont les ressorts R^4 et R^3, R^2 et R^1 qui sont reliés ensemble, et c'est le cinquième R^5 qui communique avec la pile P par l'intermédiaire de l'électro-aimant imprimeur I.

Avec cette disposition, il est facile de voir comme le courant de la pile P se trouve fermé à chaque tour des frotteurs et d'après l'action déterminée sur tel ou tel des électro-aimants. En effet, supposons que les touches abaissées du manipulateur en correspondance aient fait dévier, par l'intermédiaire des distributeurs les armatures *e* et *c* du combinateur : le courant partant de la pile P sera dirigé par l'armature *a* qui n'a pas bougé sur les contacts blancs du cinquième anneau du combinateur, et comme pour en sortir il doit passer par un contact blanc du 4e anneau, un contact noir du 3e, un contact blanc du second et un contact noir du premier, il ne pourra se trouver dans ces conditions que quand les frotteurs seront arrivés à la 24me division ; alors le circuit traversé sera le suivant : armature *a*, 6e contact blanc du 5e anneau, ressort R^1, ressort R^2, 4me contact blanc du 4me anneau, armature *b*, armature *c* déviée, 2me con-

tact noir du 3e anneau, ressort R^3, ressort R^4, 2e contact blanc du second anneau, armature *d*, armature *e* déviée, contact noir du premier anneau, ressort R^5, électro-aimant imprimeur, pile. Le mécanisme imprimeur étant alors mis en jeu, imprime la lettre en ce moment à portée, et cette lettre est la vingt-quatrième de la roue des types. Nous verrons plus tard que cette lettre est l'S.

On comprend maintenant, d'après les fonctions que nous venons d'analyser, qu'il sera possible par la combinaison différente des positions des armatures du Rhéotome électro-magnétique, combinaison effectuée sous l'influence des manipulateurs et par l'intermédiaire des distributeurs, de n'obtenir la fermeture du courant local imprimeur qu'au moment même où la lettre de la roue des types désignée par cette combinaison, arrive devant le mécanisme imprimeur.

M. Baudot a imaginé encore d'autres combinaisons plus simples dans leur construction qui ont l'avantage de pouvoir faire fonctionner mécaniquement le mécanisme imprimeur, et par conséquent sans courant local. Dans ces combinateurs, la partie fixe de l'appareil est mobile et réciproquement la partie mobile constituée par les ressorts frotteurs est fixe. Ces ressorts sont en effet remplacés par des espèces de bascules articulées qui portent, fixés normalement près de leur axe, des bras appuyant sur un levier dépendant du système imprimeur. Cinq électro-aimants Hughes, en rapport avec le distributeur, sont placés devant l'une des extrémités de ces bascules, de manière que leur armature en se détachant puisse les incliner, et par conséquent dégager leur bras du levier imprimeur. Au-dessus de l'extrémité opposée de ces bascules, se trouve le mécanisme combinateur proprement dit qui est disposé à peu près comme celui que nous avons étudié précédemment, mais qui, au lieu de contacts de nature différente, présente des parties alternativement creuses et saillantes disposées, d'ailleurs, comme ces contacts. Ce cylindre, comme nous l'avons dit en commençant, tourne avec la roue des types de l'imprimeur, et dans ce mouvement provoque naturellement l'abaissement des bascules, que les parties saillantes rencontrent ; de sorte que, quand le tour de ce cylindre a été accompli, toutes ces bascules ont dû forcément être abaissées, soit mécaniquement par le combinateur, soit électriquement par les électro-aimants. Alors le mécanisme imprimeur est dégagé et peut produire l'impression ; mais cette impression peut se faire plus ou moins tôt suivant la position et le nombre des bascules abaissées électriquement, car le combinateur ne fait que compléter l'action ainsi produite, et ce complément n'est effectué qu'au moment où la position de ce combinateur correspond à l'arrivée de la lettre transmise devant le mécanisme imprimeur. Celui-ci est chargé ensuite, après l'impression de la lettre, du soin de renclancher toutes les bascules et de remettre en même temps toutes les armatures déviées des électro-aimants en contact avec eux.

Ce système, comme on le comprend facilement, pourrait être encore combiné électriquement. Il suffirait pour cela de conserver aux cinq électro-aimants du combinateur la disposition que nous avons étudiée en premier lieu et de considérer les bascules dont il vient d'être question, comme des interrupteurs à godille oscillant entre deux contacts avec un contact de repos. En reliant ces doubles contacts à ceux des électro-aimants, et réunissant métalliquement les bascules deux à deux d'une manière inverse à celle des armatures de ces derniers, l'un des systèmes d'interrupteurs peut servir de complément à l'autre, et le cylindre combinateur en effectuant en temps voulu ce complément, détermine l'impression en lançant le courant local à travers l'électro-aimant imprimeur. On gagne à ce système la suppression des 5 ressorts frotteurs, et la construction du cylindre combinateur est beaucoup plus simple, puisqu'il n'y a plus de contacts isolés ni de doubles disques.

Récepteur. — Les récepteurs, dans ce système, ressemblent beaucoup à la partie du télégraphe Hughes, qui constitue le mécanisme imprimeur. Une roue des types T, (fig. 2 et 5), dont les caractères n'occupent que les trois quarts de la circonférence; une roue d'impression O munie de 32 dents pointues dans la partie de sa circonférence correspondante aux types de la roue précédente, et qui est montée sur l'axe même de cette roue ; un mécanisme pour la permutation des chiffres et des lettres, un système imprimeur I J X X mis en action sous l'influence d'un déclanchement électro-magnétique, telles sont les diverses parties qui le composent. Ce système imprimeur, toutefois, ne fonctionne pas comme dans l'appareil Hughes ; l'axe aux quatre cames ne s'y trouvant pas, l'impression se fait sous l'influence du moteur, qui met en mouvement la roue des types et le combinateur, et par l'intermédiaire de la roue de 32 dents O, dont il a été question précédemment. Celle-ci, en effet, a pour fonction, quand l'armature J de l'électro-aimant I se trouve détachée, d'entraîner un bras H x, fixé sur l'axe d'articulation de cette armature, lequel se trouve en ce moment à portée de ses dents ; et comme celui-ci est muni d'un système de rouleaux N H xx, sur lequel est enroulée la bande de papier, cette bande peut être ainsi appuyée contre la roue des types T. Ce système de rouleaux se compose du reste de deux petits cylindres guides xx autour desquels s'enroule la bande de papier, et d'un système de laminoir N H, dont l'un des cylindres, monté sur l'axe même de l'armature, porte l'encliquetage PP′ destiné à faire avancer le papier. Il est facile de comprendre d'ailleurs, que la roue de 32 dents O qui gouverne ainsi l'impression peut, étant munie d'un mécanisme permutateur analogue à celui qui est adapté à la roue correctrice des appareils Hughes, déterminer l'impression des lettres ou des chiffres, lorsque le bras H x portant les rouleaux, vient à rencontrer, entre les dents de cette roue, l'appendice basculant qui met en action ce mécanisme.

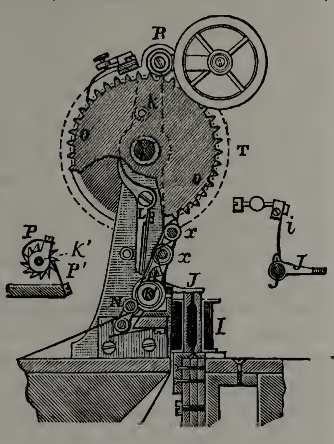


Fig. 5.

Pour obtenir qu'après chaque impression l'armature de l'électro-aimant soit replacée, mécaniquement en contact avec ses pôles, M. Baudot établit sur le support du mécanisme une bascule à ressort L qui, étant rencontrée par une cheville k adaptée à la roue des 32 dents O, peut être inclinée assez en arrière lors du passage de la partie échancrée de cette roue, pour faire parcourir au bras d'impression, H x, en sens contraire de son premier mouvement, l'arc de cercle qu'il avait décrit sous l'influence du déclanchement électro-magnétique et de l'entraînement produit par la roue O. Il en résulte que l'armature J se trouve de nouveau mise au contact de l'électro-aimant I, et par conséquent, en mesure de fournir une nouvelle action.

Liaison des appareils entre eux. — Maintenant que nous avons décrit la manière dont sont constitués les organes des manipulateurs, des distributeurs, des combinateurs et des récepteurs, nous allons pouvoir étudier plus facilement leur mode de liaison, et nous commencerons d'abord par les manipulateurs.

On a vu que ces appareils étaient munis chacun de quatre commutateurs ayant la forme représentée fig. 6 ci-contre, où deux seulement sont figurés. Ces commutateurs se composent chacun d'un ressort en U renversé, frottant sur

trois contacts, l'un qui est long et qui correspond plus ou moins directement aux contacts du distributeur, les deux autres qui sont courts et qui correspondent également plus ou moins directement aux deux pôles de la pile de ligne. Dans la figure 4] qui représente l'ensemble des liaisons des appareils, ces quatre commutateurs ne sont indiqués que par leurs contacts, et il faut admettre, par conséquent, qu'il existe au-dessus d'eux les frotteurs en U dont nous venons de parler, lesquels réunissent aux contacts longs, suivant que la touche est soulevée ou abaissée, le contact du haut ou le contact du bas. On n'a représenté dans cette figure que les commutateurs en rapport avec 3 des touches d'un manipulateur, les liaisons étant toujours les mêmes pour les autres touches. Par la même raison, on n'a figuré qu'une partie des contacts du distributeur, et ces contacts se trouvent représentés à gauche au haut de la figure. Les ressorts frotteurs de ce distributeur sont indiqués en r, r^1, r^2, r^3, r^4, et le sens de leur mouvement ainsi que celui des ressorts R, R^1 R^2 R^3 R^4 R^5 du combinateur est indiqué par des flèches.

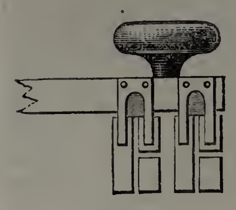


Fig. 6.

Les signes + et — indiquent que les contacts auxquels ils appartiennent sont mis en rapport direct avec les deux pôles de la pile de ligne, et ces mêmes signes surmontés de la lettre R, indiquent qu'une résistance a été introduite dans les fils de communication de cette pile, afin d'en diminuer la tension. D'après l'inspection de la figure, on voit d'abord que les premiers commutateurs de chaque touche sont mis par leur contact long en rapport avec les plaques du distributeur local, et ne reçoivent le courant, sauf celui de la première touche, que par l'intermédiaire des second et troisième commutateurs de la touche qui précède, lesquels lui communiquent suivant que les transmissions sont faites avec des courants se succédant dans le même sens ou en sens contraire, des charges électriques plus ou moins fortes. Ce sont précisément ces charges variables qui permettent de maintenir la ligne au même potentiel, et de réaliser les avantages que M. Wheatstone a obtenu dans son télégraphe rapide, avec les courants de compensation. Suivons en effet la marche des courants, dans une transmission faite par les touches 3 et 4 abaissées: un courant positif non affaibli sera d'abord dirigé sur le 3e contact du distributeur, car la ligne est déjà sous l'influence d'une charge négative qu'elle possède toujours en temps normal, et ce courant transmis par la 3e touche, lui parvient par l'intermédiaire du troisième commutateur de la deuxième touche non abaissée. Aussitôt après, un nouveau courant positif est envoyé au 4e contact du distributeur par la quatrième touche abaissée; mais il est affaibli, car il ne parvient au 1er commutateur de cette touche que par l'intermédiaire du 3e commutateur de la 3e touche qui est alors abaissée et dont le second contact est en rapport avec le pôle affaibli de la pile. Comme au moment où ce courant traverse la ligne celle-ci, est déjà chargée positivement, il ne lui faut donc qu'une faible charge positive pour reprendre le potentiel qu'elle doit avoir pour fonctionner régulièrement. Si, au lieu d'abaisser les touches 3 et 4, on eût abaissé les touches 2 et 4, il n'en aurait pas été de même : Un premier courant positif non affaibli aurait été transmis par la 2e touche au 2e contact du distributeur de la même manière que celui transmis précédemment par la 3e touche, mais celui qu'aurait transmis la quatrième touche, n'aurait pas été affaibli, car la troisième n'ayant pas été abaissée, le courant serait arrivé au premier commutateur de la quatrième touche par le premier contact du 3e commutateur de la troisième touche, et ce courant non affaibli aurait été alors indispensable pour renverser la charge négative affaiblie que la ligne aurait acquise sous l'influence de cette troisième touche non abaissée.

Il nous reste à parler des fonctions du quatrième commutateur de chaque touche, fonctions qui sont doubles, car ce commutateur sert à la fois pour les impressions locales et le rappel à leur position normale des armatures électro-magnétiques du combinateur. Comme pour les autres, les deux contacts de ce commutateur sont reliés aux deux pôles d'une pile ; mais cette pile est une pile locale, et chacun des contacts longs de ces commutateurs est relié à un contact de la troisième rangée du distributeur. Comme en temps normal ce contact long est relié à celui des contacts du commutateur en rapport avec le pôle négatif de la pile locale, il arrive que quand le manipulateur ne fonctionne pas, tous les contacts de la 3e rangée du distributeur sont chargés négativement, et par conséquent, quand le petit ressort en U du distributeur (celui qui précède les autres) vient à passer sur ces contacts, il transmet successivement cette charge aux contacts de réception qui, en la transmettant à leur tour aux électro-aimants du combinateur local, détermine à travers ceux-ci la fermeture de cinq courants négatifs. Ces courants négatifs rappellent alors à leur position normale celles des armatures de ces électro-aimants qui auraient été déviées au tour précédent du distributeur, et comme l'action du frotteur en U précède celle des autres frotteurs, le combinateur se trouve mis en position de fournir de nouvelles combinaisons avant le passage de ces derniers. D'un autre côté, et par la même raison, quand le manipulateur est mis en jeu, les contacts du distributeur en rapport avec les touches abaissées sont chargées positivement et font fonctionner les électro-aimants du même combinateur local, qui dès lors, détermine l'impression de la dépêche au poste de départ et avant qu'elle ne soit transmise au poste de réception. Dans ces conditions, un seul commutateur peut suffire, car le circuit étant local, ne subit pas les effets des variations de charge qui influent tant sur les transmissions à travers les lignes.

Système alphabétique. — La figure 7 ci-après représente le système alphabétique adopté par M. Baudot. Les différents signaux que l'on peut faire avec les touches de droite et de gauche, sont indiqués par des petits ronds placés dans des carrés, et ces signaux étant disposés comme les nombres à combiner dans une table de multiplication, on peut voir en suivant les lignes horizontalement et verticalement, quelle est la lettre désignée par chaque combinaison de signaux. Cette table est double pour correspondre aux deux positions de la roue des types qui fournissent l'impression des lettres et celle des chiffres. C'est ainsi qu'on voit que la lettre correspondante à un simple abaissement de la touche n° 1 du manipulateur de droite est l'A, que l'abaissement de la première touche de droite et celui de la première touche de gauche donne le J, que les trois touches de droite et les deux touches de gauche abaissées, donnent le P, que l'abaissement isolé des deux touches de gauche donne le blanc des lettres et le blanc des chiffres, etc. Nous devons toutefois faire remarquer que l'ordre des touches sur ces tableaux doit être interprêté, par rapport à celui qui est indiqué sur la fig. 4, comme si les deux touches de gauche représentaient les touches 1 et 2, et comme si les trois touches de droite représentaient les touches 5, 4 et 3 ; les touches 2 et 5 étant indiquées par celles qui correspondent aux index. Si l'on suit sur le combinateur les nos des divisions auxquels conduisent les différentes combinaisons indiquées sur ces tableaux, on reconnaît que les lettres qu'elles désignent ne correspondent pas à leur rang dans l'ordre alphabétique. Cela tient à ce que M. Baudot a voulu, comme dans l'alphabet Morse, appliquer les combinaisons les plus simples aux lettres se répétant le plus fréquemment dans les dépêches. Les caractères de la roue des types ne se suivent donc pas sur cette roue dans l'ordre de l'alphabet, mais bien dans l'ordre suivant :

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
A	E′	E	I	O	U	Y	B	C	D	F	G	H	J	Blanc des chiffres	§
17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
K	L	M	N	P	Q	R	S	T	V	W	X	Z	*T*	Blanc des lettres	

Fonctionnement des appareils. — Il s'agit maintenant de voir comment fonctionnent tous ces appareils et nous supposerons que c'est le 3e manipulateur

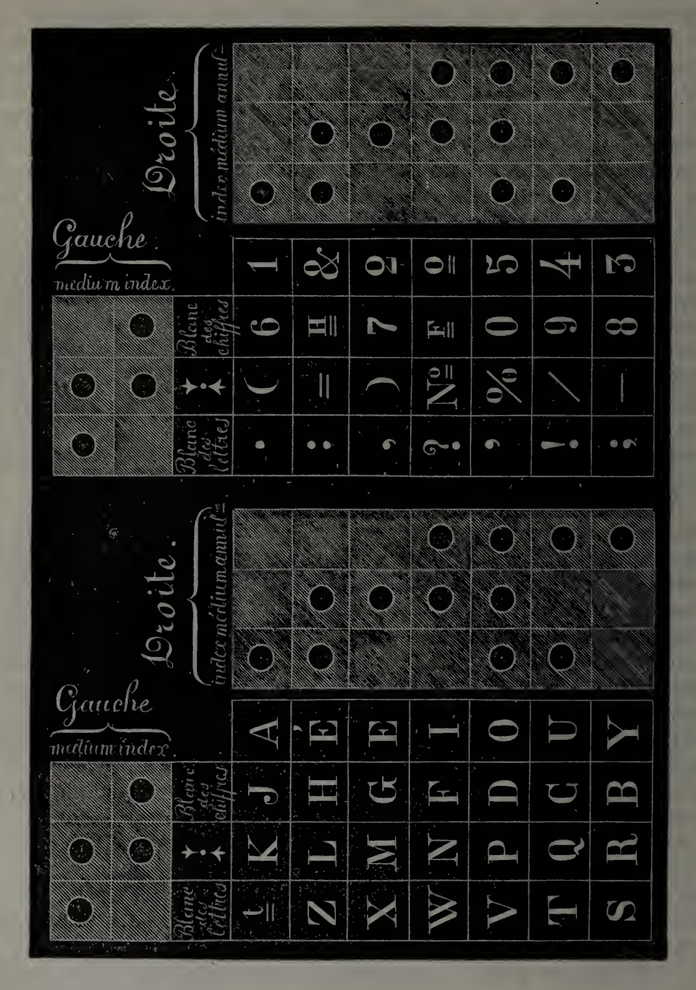


Fig. 7.

de la station A qui est mis en action, pour transmettre la lettre H à la station B. L'employé de la station A abaissera alors les deux premières touches du manipulateur de droite et la seconde du manipulateur de gauche. D'après la disposition des appareils, ces touches abaissées seront celles que nous avons désignées dans la fig. 4, sous les numéros 2, 4, 5. Cet abaissement sera effectué pendant le passage des ressorts frotteurs devant la partie isolante des distributeurs que

nous supposerons marcher synchroniquement. Lorsque ces ressorts atteindront la 3e série des contacts de ces distributeurs, la ligne sera mise en rapport, par le contact n° 2 de celui-ci, avec le pôle positif renforcé de la pile de ligne, et cela par la touche n° 2. Le courant positif arrivant par le 2e contact du distributeur de B au 2e électro-aimant du 3e combinateur, fera incliner son armature *d* sur le contact en rapport avec le contact noir du deuxième anneau du combinateur. Presque au même instant, les touches 4 et 5 du manipulateur transmetteront par les contacts 4 et 5 des distributeurs, des courants également positifs qui traverseront les électro-aimants 4 et 5 et porteront leurs armatures *a* et *b* sur les contacts correspondants aux contacts noirs des anneaux 4 et 5 du combinateur. Toutefois, les charges positives ainsi transmises, ne seront pas les mêmes, car la touche 3 n'étant pas abaissée, la charge positive qui sera transmise à la touche 4 sera renforcée, tandis qu'elle sera affaiblie pour la touche 5 en raison de l'abaissement de la touche 4 qui l'a précédée. On se trouvera donc dans le cas d'une bonne transmission, et les trois armatures *a*, *b*, *d*, déviées, ouvriront au courant local, au moment où les frotteurs du combinateur viendront à passer, la voie suivante : armature déviée *a*, quatrième contact noir du 5e anneau du combinateur, ressort R 1, — ressort R 2, 2e contact noir du 4e anneau, — armature déviée *b*, — armature *c*, — deuxième contact blanc du 3e anneau, — ressort R 3, — ressort R 4, — contact noir du 2e anneau; — armature déviée *d*, armature, — contact blanc du 1er anneau, — ressort R 5, — pile. Mais ce sera seulement quand les frotteurs seront arrivés devant la 13e division, que ce courant sera complété. Or, cette 13e division correspond précisément à la lettre H.

On comprend aisément que les mêmes effets étant reproduits sur les électro-aimants du combinateur local de la station A qui transmet, la lettre H se trouverait de la même manière imprimée sous l'influence du quatrième commutateur des trois touches abaissées.

En définitive, on voit que, par ce système, toutes les lettres de l'alphabet et les chiffres, peuvent être imprimés sous l'influence de cinq touches que l'on tient d'une manière constante sous les doigts, et que l'on abaisse dans tel ou tel ordre qu'il convient pour représenter les 31 lettres et signes de l'alphabet. Sans doute cette impression n'est pas faite instantanément au moment de la transmission, mais le temps séparant les impressions successives est régularisé et peut être employé pour d'autres transmissions qui s'effectuent successivement dans le même ordre, et qui permettent de quintupler le nombre des dépêches expédiées et reçues.

Cet appareil a été construit avec une grande habileté par M. Dumoulin Froment, le gendre et le successeur de l'illustre constructeur, M. Froment.

(*A suivre*).

CHIMIE INDUSTRIELLE

I. — LA POTASSE ET LES SELS NEUTRES DE POTASSE
IODE, SALPÊTRE ET NITRATE DE SOUDE

PAR TIBULLE COLLOT, CHIMISTE

PREMIÈRE PARTIE.

Préliminaires. — *Les sels de potasse, carbonates, sulfates, chlorures*, ont une importance considérable et l'industrie les emploie à de nombreux usages, dont les principaux sont : la teinture, le blanchissage, la fabrication des savons mous, des engrais, de l'alun et des verres fins dits de Bohême.

C'est avec le *chlorure de potassium* que l'on transforme le nitrate de soude du Pérou en nitrate de potasse ou *salpêtre*, qui entre pour 75 $^0/_0$ dans la consommation des poudres à tirer consommées par le monde entier.

Jusqu'à vers le milieu de notre siècle, tous les sels de potasse étaient retirés des *cendres* des végétaux. La France, pays riche, industriel et peuplé, ne pouvait brûler ses forêts dans le seul but d'en retirer la potasse; aussi en produisait-elle peu, pour ne pas dire pas; ce produit lui venait de nations moins privilégiées dont les immenses forêts, privées de voies de communications, éloignées de tout centre industriel, ne se prêtaient pas à une exploitation régulière comme combustible ou bois de charpente. Ces pays seuls pouvaient brûler, sur place, des grands végétaux ligneux en vue de l'extraction des sels solubles de leur cendre.

La France, au début de notre siècle, éprouvée par un long blocus continental, avait dû chercher chez elle bien des produits qu'elle tirait de l'étranger. C'est sous l'empire de l'implacable nécessité que l'on vit les savants et les travailleurs se mettre à l'œuvre et doter notre pays de grandes industries complétement nouvelles, c'est aussi de cet immense travail industriel qu'est sortie comme production dérivée, la fabrication de la *potasse indigène*.

Le sel marin ou *chlorure de sodium*, fut transformé en *carbonate de soude* par le procédé Leblanc, si précis, que de nos jours il est à peine changé; le *sucre* fut extrait de la *betterave*; la *mélasse* provenant de cette fabrication se changea plus tard en *alcool*; enfin la *vinasse* dernier résidu de cette transformation, évaporée et calcinée, donna le *salin* de betteraves, contenant des sels de potasse mélangés à du carbonate de soude.

L'incinération des *vinasses* des distilleries constitue la source la plus abondante du carbonate de potasse. Cette fabrication a fait subir au commerce des potasses une véritable révolution; la France, qui importait ce produit en quantité considérable, non-seulement peut fournir à son industrie tous les sels de

potasse, mais elle en exporte en Belgique, en Allemagne, en Hollande La production ne commença toutefois à prendre une importance réelle que vers 1860; depuis cette époque elle suivit toujours une marche ascendante, et en 1878, près de cent usines fournissent en France environ 30 millions de salins de betteraves, travaillés et épurés par 20 raffineries de potasse.

A cette production nous devons ajouter celle de la *potasse de Suint* extraite des eaux de lavage des laines, celle de la *potasse de transformation* provenant de la décomposition des sels neutres de potasse. Ces trois sources peuvent seules être considérées en France comme donnant lieu à des exploitations importantes et fournissent par an les quantités moyennes suivantes :

Potasse raffinée de betteraves type 75/80	12	millions de kil.
Potasse brute de Suint type 75/80	3	—
Potasse de transformation type 90/92	4	—
Soit un total par an de.	19	mil. de kil. de potasse.

La même industrie fournit comme produits dérivés :

Sulfate de potasse type 90	3	millions de kil.
Chlorure de potassium type 90	5	—
Carbonate de soude type 88.	4	—

Ces chiffres démontrent ce que peut créer l'activité humaine appuyée sur les données de la science; et quand on songe que ces différents produits, représentant environ 12 millions de francs, sont retirés des vinasses de distilleries et des eaux de désuintage, qui, avant leur évaporation, empoisonnaient les cours d'eau et les puits environnant les usines, on ne peut que rendre un juste hommage aux chimistes distingués : Dubrunfault, Mauméné et Rogelet, dont les noms resteront attachés à l'heureuse extraction en France de la potasse de betteraves et de Suint.

En même temps qu'étaient faits les premiers essais pour l'extration de la potasse des vinasses, un illustre savant, mort tout dernièrement fin avril 1876, Balard, cherchait à retirer la potasse des eaux mères des salines du Midi. En analysant ces eaux, dans lesquelles il avait déjà découvert le *brôme*, il constata la présence des sels de potasse et calcula que l'on pourrait en extraire une quantité plus grande que celle que réclamait l'industrie française, et s'affranchir ainsi du tribut important que payait notre pays au commerce étranger. Cette magnifique conception, à la réussite de laquelle Balard consacra vingt années de travaux, ne devait aboutir qu'à une immense déception commerciale, devant l'extraction du carbonate de potasse des vinasses. Tel est l'exposé rapide de la situation de la fabrication des sels de potasse en France. Nous avons vu combien cette industrie semble prospère, malheureusement, comme toutes ses aînées, elle a pris un tel développement qu'elle arrive à l'état de pléthore; nous produisons déjà trop, et notre exportation est sérieusement menacée par la concurrence de l'Allemagne qui a sur notre pays, pour cette fabrication, un avantage considérable que nous allons signaler.

En 1858 on découvrit en Prusse, dans la province de la Saare à Strassfürt, un immense gisement de chlorure de potassium naturel, cette découverte importante fit évènement dans le monde scientifique et industriel; l'exploitation de cette mine devait amener la ruine des fabriques de potasse de betteraves. Heureusement pour notre pays, cette prévision persiniste ne devait pas se réaliser. La transformation des chlorures naturels de Strassfürt en carbonates rencontra des difficultés nombreuses, et jusqu'à ce jour l'Allemagne a été tributaire de la France pour la plus grande partie du carbonate de potasse que son

industrie consomme ; depuis quelques années, cependant, des efforts sérieux sont tentés par la Prusse en vue de la transformation des sels de Strassfürt ; le marché de ce pays commence à se fermer pour les raffineries françaises quand leurs prix sont trop élevés.

Ces préliminaires étaient nécessaires pour saisir l'ensemble de cette étude; nous examinerons maintenant les procédés de fabrication de la potasse extraite des cendres de bois et des marais salants, mais d'une façon rapide, car ils sont suffisamment décrits dans tous les grands ouvrages de chimie industrielle ; nous dirons quelques mots des sels de potasse extraits des cendres de varechs, nous aborderons, avec détails précis, la fabrication du salin de betterave et de la potasse de Suint ; nous décrirons les procédés de raffinage et de transformation ; nous terminerons la seconde partie de cette étude par un examen critique de la situation actuelle en France et à l'étranger ; nous rendrons compte enfin des produits et appareils que nous rencontrerons à l'Exposition.

POTASSE EXTRAITE DES CENDRES

Tous les sels de potasse ont une origine minérale et sont très-répandus dans la nature, mais ils sont presque toujours engagés dans des combinaisons insolubles, très-stables, qui résistent, jusqu'à ce jour, à tous les procédés industriels mis en œuvre pour les décomposer. C'est ainsi qu'un grand nombre de roches et de minéraux, formant l'écorce terrestre, en contiennent des proportions variables qui peuvent aller à 10 et même 12 °/₀ de leur propre poids Le feldspath orthose, qui entre dans la composition des granits, des gneiss et des trachytes, renferme jusqu'à 17 °/₀ de silicate de potasse insoluble, dont la décomposition lente, sous l'influence de la force cristallographique et surtout des saisons, des gelées, et en général de tous les agents atmosphériques, fournit au sol arable toute la potasse qu'il renferme. Cette potasse est en minime quantité dans le sol, l'industrie ne peut songer à l'en extraire ; mais la nature avec ses procédés secrets et tout puissants se charge de ce soin.

Les végétaux, pour vivre et se développer, ont besoin d'éléments organiques qu'ils trouvent dans l'air, et d'éléments minéraux qu'ils puisent dans le sol. La potasse est un de ces éléments essentiels à la nutrition des plantes ; si donc en les brûlant on détruit leur matière organique, il reste l'élément minéral contenant tous les sels solubles puisés dans le sol, et parmi eux les sels de potasse, dont le plus important est le carbonate connu anciennement sous le nom d'alcali végétal, dénomination qui rappelait son origine ; ce sel, en dissolution dans l'eau, jouit de la propriété précieuse de se combiner aux matières grasses, pour former des savons facilement solubles ; pour cette raison les cendres sont employées, de toute antiquité, au lessivage du linge.

Les cendres représentent en moyenne de 5 à 10 °/₀ du poids des végétaux, elles contiennent 8 à 15 °/₀ de sels de potasse solubles.

La composition des cendres de bois est excessivement variable, elle dépend de la nature des végétaux qui les produit, du terrain sur lequel ces végétaux ont poussé et enfin du climat. Pour une même plante, la composition des cendres est variable suivant que l'on considère des parties différentes ; en général les feuilles sont plus riches en potasse que les fruits et le tissu ligneux, plus riche aussi que les feuilles. Les plantes qui croissent sur les bords de la mer renferment une forte proportion de soude, tandis que ces mêmes plantes cultivées dans l'intérieur des terres sont plus spécialement riches en potasse.

Certaines plantes absorbent des proportions considérables de potasse ; le tabac, les fanes de pommes de terre, les tiges de haricots et de fèves, l'ortie,

l'absinthe, les tiges de maïs, le chardon, etc., donnent des cendres bien plus riches que celles des grands végétaux ligneux.

Le tableau de la page 122, *Composition des cendres*; donne une idée des sels solubles et insolubles des cendres de provenances diverses.

Quand les cendres sont obtenues par l'incinération de brindilles sans valeur, dans des pays montagneux et déserts, cette source de potasse est toute rationnelle, et cette exploitation n'est limitée que par le prix de revient du produit fabriqué ; mais les besoins, de l'industrie toujours croissants, ne pouvaient se contenter d'une source aussi pauvre ; l'on a dû brûler les grands végétaux ligneux, des forêts entières, dans les pays boisés et peu peuplés, comme la Russie, la Pologne, la Suède, la Norwège et surtout l'Amérique.

Dans ces contrées les bois sont brûlés sur place, les cendres recueillies sont transportées à la fabrique établie au point central. Cet établissement consiste le plus souvent en quelques hangards pour abriter les cendres et le petit matériel, primitif et simple, nécessaire à leur lessivage et à l'évaporation des dissolutions obtenues. Le lessivage des cendres a pour but de séparer les matières solubles qui forment de 10 à 25 °/₀ de leur poids total. Pour cette opération il conviendrait d'avoir une batterie de filtres, de façon à opérer un lavage méthodique, en faisant arriver l'eau sur des cendres presque épuisées, et en remontant cette lessive faible successivement sur des cendres de plus en plus riches ; mais ordinairement on se contente de soumettre les cendres à trois lavages, les deux premiers vont directement aux chaudières d'évaporation, le troisième donne une lessive faible qui est utilisée pour commencer le lavage de la charge suivante.

Les cuves d'épuisement sont en bois et à doubles fonds, leur contenance est de 7 à 8 hectolitres ; dans les fabriques bien organisées ces cuves sont mobiles autour d'un axe, ce qui permet de les faire basculer pour les vider des cendres épuisées ; quelquefois on se sert simplement de vieux tonneaux dans lesquels on a disposé un second fond percé de trous ; dans tous les cas, on remplit les récipients de cendres fraîches que l'on tasse légèrement ; on fait alors couler sur elles la petite lessive provenant d'une opération antérieure jusqu'à ce qu'elle forme au-dessus du niveau des cendres une couche de quelques centimètres. On abandonne le tout au repos pendant quatre heures ; après ce laps de temps, on soutire la lessive qui marque 15° degrés Baumé environ. Un deuxième mouillage obtenu dans les mêmes conditions marque 8° Baumé ; le troisième ne pèse plus que 2°.

Les jus des deux premiers mouillages sont évaporés dans des chaudières à feu nu (fig. 1 page 121) chauffées au bois ; cette évaporation se continue jusqu'à consistance pâteuse ; la matière est alors transvasée dans un four à réverbère, elle y est desséchée et chauffée au rouge pour la blanchir. Cette calcination dure trois heures, et pendant ce temps, un ouvrier, armé d'un rable, écrase successivement tous les morceaux de potasse, de manière à les réduire en petits fragments. La matière défournée constitue un produit blanc rougeâtre que l'on livre au commerce sous le nom de potasse perlasse. Les fig. 1, 2, 3 et 4 page 121 donnent le plan, coupe et perspective d'un four de calcination.

Quand les cendres sont très-riches en potasse, on se contente quelquefois, après les avoir humectées, d'en former des espèces de galettes que l'on mélange, par lits réguliers, avec des bois d'assez gros calibre, de manière à former un bûcher d'une hauteur de plusieurs mètres. On y met alors le feu, et, sous la haute température développée, les cendres entrent en commencement de fusion ; elles prennent un aspect frité et forment des croûtes solides, scoriacées de couleur bleuâtre ou noirâtre. Le salin obtenu par cette méthode est naturellement moins riche que par le premier procédé.

Le tableau de la page 123 donnera une juste idée de la composition des potasses exotiques des cendres.

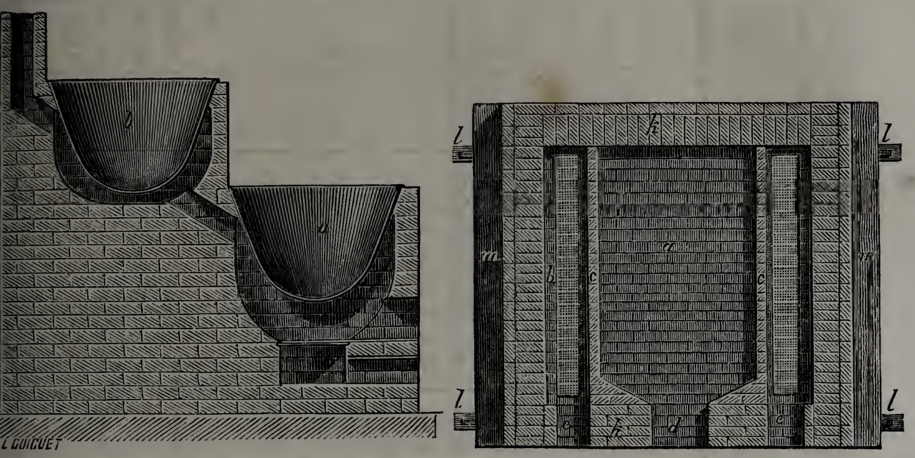


Fig. 1. — Chaudière à feu nu chauffée au bois.

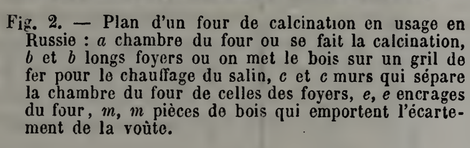


Fig. 2. — Plan d'un four de calcination en usage en Russie : *a* chambre du four ou se fait la calcination, *b* et *b* longs foyers ou on met le bois sur un gril de fer pour le chauffage du salin, *c* et *c* murs qui sépare la chambre du four de celles des foyers, *e*, *e* encrages du four, *m*, *m* pièces de bois qui emportent l'écartement de la voûte.

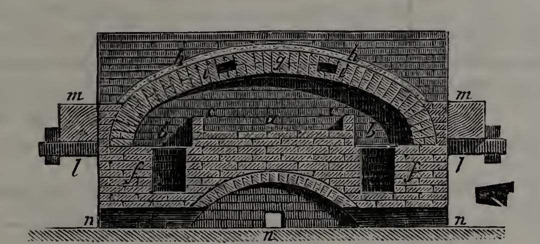


Fig. 3. — Coupe transversale de ce même four.

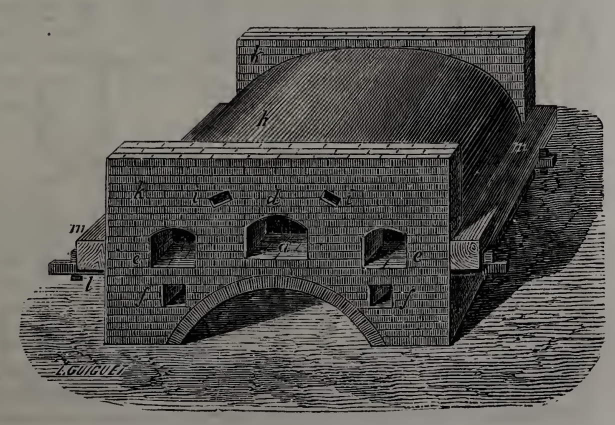


Fig. 4. — Perspective du four a calciner.

Fig. 9. — Four à action continue avec évaporateur à multiple effet, système Romein et Collot.

Composition des cendres.

	ÉLÉMENTS DE 100 DE CENDRES	Bois de charme.	Hêtre.	Écorce de chêne.	Tilleul.	Sureau.	Fougère.	Tabac virginie, tiges.	Tabac virginie, feuilles.	Tabac nord, tiges	Tiges de fèves.	Fougère.	Aiguilles de sapin.	Tiges de pois.
Partie soluble.	Carbonate de potasse	12	9	4	8	15	17	30.3	21.8	3.1	13.32	15	12.72	10.16
	Carbonate de soude	2	2	1	1	2	1				16.06	6		8.40
	Sulfate de potasse	2	2	1	1	2	2	10.6	9.10	11.6	3.24	2	4	4.20
	Chlorure de potassium	3	1	0.50	1	2	3	5.2	4.20	24.2	1.20	3	2	8.22
	Silicate de potasse	1	1	0.50	0.50	1	1				1	1	1	2
		20	15	7	11.50	22	24	46.10	35.10	38.9	34.80	17	19.72	30.98
Partie insoluble.	Sels de chaux, silice et phosphate	64	68	80	83	71	72	53.9	64.90	61.10	62.03	68	67	60
	Sels de magnésie et alumine	10	11	5	4.50	4	2				1.92	9	8	6
	Oxyde de fer	1	2	1	1	1	1				0.50	2	2	2
	Oxyde de manganèse	5	4	7	1	2	1				0.75	4	3.08	1.08
		80	85	93	89.50	78	76				65.20	83	80.08	69.08
	Proportion de cendres en centièmes.	5.50	6.40	10	5.80	7	10	6	5	7.50	12	13.25	12.50	15.50

ÉLÉMENTS pour 100 parties.	PESIER.						COLLOT.		
	POTASSE de Toscane	POTASSE de Russie.	POTASSE d'Amérique brute.	POTASSE d'Amérique perlasse	POTASSE des Vosges.	POTASSE de Russie.	POTASSE de Dantzick	POTASSE des Vosges.	POTASSE de Russie.
Carbonate de potasse..	74,10	69,61	68,04	71,38	34,63	50 84	71,25	45,22	65,48
— de soude...	3,00	3,09	5,85	2,31	4,17	12,14	4,75	5,80	4,22
Sulfate de potasse. . .	13,47	14,11	15,32	14,38	38,84	17,44	12 47	31,53	14,71
Chlorure de potassium.	0.95	2.09	8,15	3,64	9,16	5,80	1,23	8,71	3.82
Eau	7,28	8,82	»	4,56	5,34	10,18	7,90	5,47	9,34
Insoluble.	1,20	2,28	2,64	2,73	3,80	3,60	2,40	3,27	2,43
Total.	100.00	100,00	100,00	99,00	99,94	100,00	100,00	100,00	100,00
Degré alcalimétrique..	56°	53°,3	55°	54,4	31,6	47,2	54,92	37,40	50,35

Nous ne nous étendrons pas plus longtemps sur une industrie qui n'a pour ainsi dire jamais existé en France, sinon dans les Vosges, qui est complétement disparue chez nous en ce moment, et qui a perdu, pour les autres pays, une partie de son importance depuis l'apparition des potasses de betteraves. La France ne consomme pour ainsi dire plus de potasse exotique, et si quelques futs trouvent encore placement dans notre pays, ils ne peuvent être destinés qu'à des industriels routiniers et retardataires, qui, habitués à travailler ce genre de potasse, ne peuvent employer nos potasses indigènes dont la qualité est cependant bien supérieure, et dont le prix est beaucoup moins élevé.

Comme résumé les potasses exotiques des cendres alimentaient les besoins de l'industrie du monde entier jusque vers 1860. Ces potasses, d'autant plus impures et falsifiées que la rareté se faisait sentir, devaient disparaître entièrement devant la découverte des sels de potasse et de soude dans les vinasses provenant de la distillation des mélasses de sucre de betteraves.

SELS DE POTASSE EXTRAITS DES EAUX DE LA MER.
Procédé Balard.

La composition chimique de l'eau de mer est fort complexe ; en tenant compte de tous les corps qui n'existent qu'en faible quantité et dont l'analyse ne révèle que des traces, on trouve plus de 30 éléments différents. Toutefois le chlorure de sodium est l'élément dominant, puis viennent le chlorure de magnésium, les sulfates de magnésie et de chaux, enfin le chlorure de potassium.

L'analyse suivante donne les principaux corps que renferment les eaux de l'Océan et de la Méditerranée.

Analyse de l'eau de mer.

	Océan.	Méditerranée.
Chlorure de sodium.	25.10	27.10
— de potassium	0.50	0.70
— de magnésium.	3.50	6.14
Sulfate de magnésie.	5.78	7.02
— de chaux	0.15	0.15
Carbonate de magnésie	0.18	0.19
— de chaux	0.02	0.01
— de potasse	0.23	0.21
Iodures, bromures	?	?
Eau, perte, non dosée.	964.54	958.26
	1000.00	1000.00

En examinant cette analyse, on remarque comme sels solubles utilisables, une proportion considérable de chlorure de sodium ou sel marin, des sels de potasse, et enfin de l'acide sulfurique combiné à la magnésie.

L'extraction du sel marin de l'eau de mer a été pratiqué, de toute antiquité, dans de vastes établissements appelés en France marais salants, qui consistent essentiellement en d'immenses bassins peu profonds, rendus étanches par une couche d'argile, dans lesquels l'évaporation se fait spontanément à l'air libre, pendant la saison d'été. Quand aux sels de potasse, ils sont en bien minime quantité pour pouvoir être retirés directement et spécialement de l'eau de mer; mais si on considère que ces sels sont excessivement solubles, on doit supposer qu'ils s'accumulent dans les eaux concentrées des marais salants, après le départ du sel marin. C'est en effet ce qui arrive; ainsi à 35 degrés Beaumé l'eau de mer n'est plus que les $\frac{16}{1000}$ du volume initial, et chaque litre de cette eau mère renferme 523 grammes de sels restés en dissolution, qui ont la composition suivante :

Sulfate de magnésie	114. 5
Chlorure de magnésium	195. 3
Chlorure de sodium	159. 8
Bromure de sodium	20. 4
Chlorure de potassium	33. 0
	523.00

Balard, professeur de chimie à la Faculté de Montpellier, examinant les eaux mères des salines du Midi, dans lesquelles il avait déjà découvert le brome, fut frappé de la quantité de sels de potasse et d'acide sulfurique combiné qu'elles contenaient et comme la production de ces eaux mères est immense il pensa que l'on pourrait en extraire tous les sels de potasse que la France demandait à l'étranger.

Il prit en 1844, le 19 novembre, un brevet d'invention pour le traitement méthodique des eaux mères et en 1847, le 6 novembre, il complétait la description de ses procédés par un certificat d'addition.

A partir de cette époque, Balard consacra la plus grande partie de son activité scientifique à étudier la mise en pratique sur une échelle immense de sa magnifique conception.

Pour juger de l'importance pratique de cette découverte, nous emprunterons quelques chiffres aux calculs faits par Balard lui-même. D'après la théorie, 200 hectares de marais salants devraient produire 2,500,000 kilogs de sulfate de soude; mais vu l'imperfection des moyens, on n'en obtient que 600,000 kilogs. En admettant que ces moyens ne s'améliorent pas il suffirait d'affecter à cette exploitation 20,000 hectares de marais salants pour obtenir tous les ans 60,000,000 de kilogs de sulfate de soude, quantité plus grande que celle nécessaire pour fabriquer toute la soude dont la France a besoin. Mais qu'est-ce, pour la France que 20,000 hectares de superficie inculte? Au surplus, cette superficie donnerait en outre 20,000,000 de kil. de sulfate de potasse ou de chlorure de potassium, c'est-à-dire plus que toute la potasse que l'industrie française consomme annuellement.

D'après Balard, l'exploitation de sa découverte promettait un triple résultat :

1° Elle devait nécessairement faire baisser le prix des potasses et des soudes du commerce qui sont la base de plusieurs industries importantes.

2° La France pourrait exporter de la potasse au lieu d'en importer.

3° Elle n'achèterait plus que 8 à 10 millions de kilogs de soufre au lieu de

25 à 26, car elle ne fabriquerait plus toute cette portion d'acide sulfurique qui lui sert aujourd'hui pour faire des sulfates alcalins.

On peut juger par cet exposé combien les espérances de Balard étaient belles et combien la ruine de son industrie a dû le frapper dans son amour propre.

Nous allons indiquer sommairement les procédés de fabrication.

Le traitement qu'on fait subir à ces eaux, a pour but de combiner tout l'acide sulfurique avec la soude, en décomposant le sulfate de magnésie par le chlorure de sodium, et d'obtenir définitivement du sulfate de soude, du chlorure de sodium et de potassium et enfin du brome.

Balard, par une évaporation des eaux mères à 36 degrés Beaumé, obtenait un dépôt de *sel mixte*, sulfate de magnésie et chlorure de sodium; la même eau emmagasinée était soumise pendant l'hiver à une température très-basse, il se précipitait alors du sulfate de magnésie ; enfin, en été, par une nouvelle opération, on faisait précipiter de ce liquide un chlorure double de potassium et de magnesium; ce dernier sel très-soluble était séparé par des lavages à l'eau. Le sulfate de magnésie redissout avec un excès de chlorure de sodium donnait par cristallisation du sulfate de soude et du chlorure de magnésium.

M. Merle, pour arriver à un travail continu en toutes saisons, soumettait les eaux mères à un refroidissement artificiel au moyen d'un appareil Carré. Le principe du travail n'était pas changé et le résultat final était aussi absolument identique. On fabrique encore maintenant un peu de *sels de potasse* par ce procédé, mais cette extraction n'a pas d'importance et le bénéfice qu'elle procure est nul.

La fabrication des sels de potasse par le traitement des eaux mères des marais salants du Midi, prit une grande importance sous la direction savante de Balard, qui prodigua au développement de sa découverte la plus précieuse partie de son temps et de son intelligence. La matière première ne coûtait rien, mais les manipulations diverses que les eaux devaient subir, les cristallisations nombreuses nécessaires à l'épuration des produits, donnaient quand même un prix de revient assez considérable aux différents sels retirés.

Jusqu'en 1855, le carbonate de potasse se vendait 90 centimes le kilog pur et le chlorure de potassium 50 centimes; dans ces conditions, cette industrie pouvait espérer réaliser de grands bénéfices. Mais à partir de 1860 devant la concurrence des potasses de betteraves, les marais salants ne pouvaient plus songer à produire du carbonate de potasse par transformation, du reste, cette dernière fabrication n'a jamais été l'objectif principal des procédés Balard; la vente de la potasse à l'état de chlorure simplifiait le travail d'extraction et présentait de vastes débouchés en France et l'étranger pour la transformation du nitrate de soude en salpêtre.

De ce côté encore la concurrence arriva terrible, insoutenable; en 1858 la découverte des gisements du chlorure naturel de Strassfürt, dont nous avons déjà parlé, révolutionna complétement l'industrie des sels neutres de potasse; en très-peu de temps, vers 1861, plus de vingt usines installées sur les lieux même du gisement inondèrent l'Europe de chlorure de potassium. Ces sels pénétrèrent en France sous le couvert des nouveaux traités libres échangistes, ruinèrent complétement l'industrie des marais salants et portèrent même un coup terrible aux raffineries de potasse de betteraves qui, elles aussi, produisaient des chlorures.

A partir de ce moment la lutte ne fut plus possible, le chlorure de 50 francs en 1858, tomba à 25 francs en 1865, à 18 francs en 1875, il vaut 12 francs aujourd'hui à Strassfurt; les chiffres sont assez éloquents par eux-mêmes; la fabrication des sels de potasse des eaux de la mer est bien morte et rien à notre avis ne peut la faire renaître.

POTASSE DES VARECHS

Certaines plantes marines absorbent en abondance pour leur développement divers sels de potasse, et en quantité très-appréciable, deux corps précieux pour les arts industriels et surtout pour la médecine : le brome et l'iode. L'analyse la plus rigoureuse ne décèle cependant dans l'eau de la mer que des traces de ces deux métalloïdes.

Sur tout le littoral des côtes de l'Ouest et principalement de la Vendée et de la Bretagne, la population pauvre, les femmes, les enfants recueillent les *varechs* qui croissent sur les roches sous-marines laissées à sec par la mer basse, ainsi que les *varechs de flots* ou *goëmons*, qui, venant de la haute mer, sont rejetés par la violence des vagues sur les grèves, où elles forment des amas considérables. Cette seconde espèce de varech est de beaucoup la plus riche en sels de potasse et en soude.

Tous les ans (Quatrefages, souvenirs d'un naturaliste) des ouvriers. nommés *barilleurs*, viennent des environs de Brest et de Cherbourg récolter le varech qui couvre les rochers submergés de Chausey, et le brûler pour en faire de la soude. A cet effet, ils se dispersent sur divers points de l'archipel, par ateliers de 6 hommes, et construisent au centre du rayon qu'il veulent exploiter une espèce de tanière où il se retirent pendant la nuit. A mer basse, ils se rendent sur les rochers, les dépouillent de leurs fucus, et en forment de grands tas que soutiennent à la surface de l'eau les nombreuses vésicules aériennes de ces plantes marines. Ils dirigent ces espèces de radeaux vers le lieu qu'ils ont choisi, et, après avoir mis leur récolte hors de la portée des vagues, ils l'étendent sur la grève. Lorsque la dessication des fucus est complète, ils y mettent le feu et recueillent les cendres dans un petit fourneau où elles se fondent et se prennent en masses connues dans le commerce sous le nom de soude de varechs. Les feux des barilleurs, avec leur clarté rougeâtre pendant la nuit, leurs longues colonnes de fumée pendant le jour, produisent au milieu des rochers un effet très-pittoresque ; mais l'odeur de cette fumée est des plus désagréables, et dans le pays on la regarde bien à tort, il est vrai, comme pouvant engendrer toute sorte de maladies.

M. E. Moride de Nantes apporta à l'incinération des plantes marines, un perfectionnement sérieux. Il eut l'idée d'établir sur les plages de la mer où les varechs abondent, de petits fours mobiles construits avec des pierres sèches, entourées d'algues fraîches, et surmontées de quelques barreaux de fonte. Il ménagea du côté du vent une ouverture assez large pour permettre à l'air de s'y introduire aisément et de refroidir le charbon assez vite pour faciliter aux ouvriers le moyen de retirer ce charbon du foyer à mesure qu'il se produit.

L'avantage de ce procédé, c'est de ne pas soumettre les produits de la combustion à une température élevée qui volatilise une partie des matières solubles et de plus de pouvoir travailler en toutes saisons.

La dénomination de soude de varechs est assez impropre puisque la plus grande parties des sels qu'elle contient sont des sels de potasse. Sa composition varie beaucoup, voici tous les sels qu'elle renferme :

Carbonate de soude	2 %
Sel marin	18 a 22 »
Sulfate de potasse	7 a 10 »
Chlorure de potassium	12 a 15 »
Oxysulfure de calcium Phosphate de chaux et magnésie Silice et charbon	45 a 60 »

Cette soude fut longtemps employée pour la fabrication de verre, mais après la découverte de Leblanc qui produisit en abondnce de la soude a bon marché, cette industrie dut se transformer et isoler par des différences de solubilité les différents sels que la soude contient; c'est dans ce but que fut créée l'usine de Cherbourg en 1798.

La découverte, de l'Iode par Courtois, du Brome par Balard, donna à la soude, qui renferme ces deux corps en petites quantités, un intérêt considérable. Les nombreuses applications de l'Iode permirent depuis 40 ans environ de développer son extraction et par contre l'exploitation des varechs.

La teneur en Iode varie de un a deux kilogrammes pour 1000 k. de cendres provenant des *fucus vesiculosus* ou *laurens*, jusqu'à 23 et 28 pour 1000 pour le *fucus digitatus*. Le choix des varechs a donc une grande importance au point de vue de leur valeur.

Nous extrayons, au sujet de cette industrie, des renseignements précieux d'un rapport remarquable fait cette année à son excellence le Ministre de la guerre, par M. Faucher ingénieur en chef des poudres et salpêtres, dont nous aurons surtout à nous servir dans la seconde partie de cette étude.

D'après des chiffres, peut-être un peu optimistes, fournis par les fabricants eux-mêmes, l'incinération des varechs donne par an 12000 tonnes de soude brute qui raffinée dans une douzaine d'usines produit:

2000 000	de kilogrammes	de chlorure de potassium
720 000	—	de sulfate de potassse
2500 000	—	Sels de soude (chlorure-sulfate)
40 000	—	Iode
5 000	—	Brome

En plus, ces usines livrent à l'agriculture 5 ou 600 tonnes de charrées excellentes comme engrais à cause des phosphates qu'elles contiennent.

Sans compter les ouvriers des usines, il y a 10,000 personnes occupées sur les côtes une grande partie de l'année, pour ramasser, sécher et incinérer, 204 millions de kilogrammes de varechs verts.

Cette i dustrie donne lieu en outre à un mouvement annuel de cabotage évalué à 30 000 tonnes.

L'agriculture paye 25 ou 30 francs les 1000 kil de varechs secs. Quant à la soude dont une tonne représente 5000 kil. de varechs secs et 21 a 25 000 kil. de varechs verts le prix varie entre 75 et 80 francs en moyenne et au maximum entre 90 100 francs, avec cette réserve toutefois que cette soude est ordinairement falsifiée par 50 $^0/_0$ de matières étrangères.

Jusqu'en 1860 l'industrie des sels de varechs fut très-prospère; tous ses produits trouvaient un écoulement facile et rénumérateur, car elle n'avait à lutter qu'avec l'Angleterre qui se trouvait absolument dans les mêmes conditions économiques; mais vers 1861, les sels de Strassfürt, dont nous avons déjà parlé et que nous aurons malheureusement toujours à citer quand nous parlerons des sources diverses de potasse, vinrent paralyser cette industrie en faisant baisser considérablement la valeur du chlorure de potassium. A partir de ce moment, les sels ne furent plus considérés que comme des sous produits, et le bénéfice de ces exploitations dut nécessairement venir du haut prix de l'iode.

C'est pour arriver à ce résultat que les fabriques de soude s'unirent en syndicat, se partagèrent suivant des règles établies toutes les soudes brutes et relevèrent les prix de l'iode. Sous le monopole de cette union l'iode atteint en 1870 et 1871 le prix de 100 francs le kilogrammes et les fabricants réalisent des bénéfices énormes. Mais par une conséquence souvent observée en industrie, du

haut prix de l'iode surgit une nouvelle concurrence : celle de l'iode du Pérou et du Chili.

En moins d'un an les cours fléchirent de 100 francs à 80 francs, jusqu'à 35 francs en 1874. Plusieurs usines disparurent et malgré cela les prix tombèrent de 28 francs, à 25 francs, et enfin à 20 francs, en 1875-76.

Acculée entre les griffes du Pérou et de la Prusse cette industrie est à peu près perdue sur les côtes françaises. La moitié des producteurs ont dû renoncer à toute fabrication et la plupart des survivants ne doivent leur existence passagère qu'a des combinaisons et des ententes qu'un rien peut déjouer qui les annihilent dans leur production, les mettent à la merci de l'étranger, et dénotent dans tous les cas beaucoup plus l'intelligence des négociateurs, auxquels elles ont surtout profité, que l'habileté des fabricants.

En effet on put croire un moment à une reprise, par suite d'un traité entre les producteurs Français, Anglais et Péruviens, intervenu par l'intermédiaire de MM. Leislert Bock et Cie de Glascow 19 mars 1877, qui fit remonter les cours de l'iode de 35 francs ; malheureusement cet éclair de vie ne fait que caractériser l'agonie de l'industrie qui nous occupe, sa mort ne peut qu'arriver à proche terme, à moins d'un changement radical dans les moyens de fabrication, et d'une protection contre les sels et l'iode étrangers à l'entrée en France.

Nons aurons a examiner cette situation et les moyens proposés par MM. Pellieux et Macé Launay pour extraire économiquement les sels et l'iode quand nous aurons a étudier ces produits à l'Exposition de 1878.

Voici les analyses des sels de potasse que produisent les raffineries de soude de varechs :

CHLORURE DE POTASSIUM

Eau	0,40
Chlorure de potassium	85,20
Chlorure de sodium	4,05
Sulfate de potasse	10,02
Insolubles	0,32
	100,00

Usine de M. Tissier ou Conquet.

Eau	0.52	0.45
Sulfate de potasse	87.15	88.80
Chlorure de potassium	3.70	2.28
Chlorure de sodium	5.39	7.50
Carbonate de soude	0.36	0.32
Insolubles	0.86	0.75
	100.00	100.00

Le même

Eau	1.51
Sulfate de potasse	72.82
— de soude	23.11
Chlorure de sodium	1.48
Carbonate de soude	0.32
Insolubles	0.74
	100.00

Usine Glaizot frères à Aber-wrack.

	Finistère,
Sulfate de potasse	96.13
Sulfate, chlorure et carbonate de soude	1.36
Insolubles	0.37
Eau	2.14
	100.00

POTASSE DES VINASSES DES DISTILLERIES DE MÉLASSE

Vers 1834, M. Dubrunbaut qui a pris une si large part au développement de la distillerie et de la sucrerie, chercha le premier à extraire les sels de potasse des *vinasses de betteraves.*

La vinasse est un liquide faible, d'une densité de 2 $^1/_2$ Baumé environ, provenant de la distillation des mélasses pour en retirer l'alcool. Cette mélasse est elle-même le résidu de la fabrication du sucre extrait des betteraves.

La racine des betteraves à sucre est très-riche en sels minéraux qu'elle puise dans le sol; elle contient d'autant plus de sels de potasse, que le terrain qui la produit est moins épuisé par des cultures successives de cette plante.

Les sucreries enlèvent à la betterave la plus grande partie de sa matière organique, le sucre et la pulpe; les sels minéraux, au contraire, se concentrent dans les eaux mères des bas produits, retenant avec eux une forte proportion de sucre qu'ils rendent incristallisable et que l'on ne peut retirer. C'est ce mélange, de sucre et de sels minéraux, qui constitue la mélasse des fabriques de sucre. Cette mélasse, dont le sucre est transformé en alcool par la fermentation, est distillée; l'acool est condensé, et comme résidu final on trouve au fond des chaudières de distillation, la vinasse contenant nécessairement tous les sels minéraux solubles de la betterave, avec une faible partie des matières organiques.

Ces liquides, d'une odeur nauséabonde, d'une coloration très-foncée, étaient, au début de la distillerie, complètement sans emploi et empoisonnaient les puits et cours d'eau environnant les fabriques. Maintenant les vinasses sont évaporées, soit par chauffage à vapeur, soit dans de grands fours en maçonnerie. Quand le liquide a une densité de 40 Baumé environ, il est de consistance sirupeuse, par suite de la matière organique qu'il contient; il prend feu lui-même et brûle dans le four. Quand la masse ne donne plus de flammes, on la retire du fourneau, encore incandescente, dans des chariots en fer; on la dépose en petits tas sur le sol, à l'abri de courants d'air, pour que la matière charbonneuse achève lentement de se brûler. Au bout de quelques jours, ces tas sont ouverts et l'on obtient un produit gris noir, poreux et boursouflé; c'est le salin de betteraves.

Cette fabrication a naturellement suivi l'extension donnée à la sucrerie et à la distillerie; en ce moment on produit par an, en France et en Belgique, 30 millions de kilogrammes de potasse brute.

Le salin de betterave, bien travaillé et bien cuit, se présente sous l'aspect de morceaux poreux et boursouflés, d'un gris rougeâtre, ressemblants à première vue à des scories de charbon de terre.

Un mètre cube de bon salin pèse 800 kilog. environ, sa densité est donc de 0,8 ; du reste, plus le salin est riche, bien travaillé et bien cuit et plus il est léger.

Le salin a souvent une odeur ammoniacale; il fond facilement dans l'eau chaude, les lessives qu'il donne sont très-limpides; ce dernier point est d'une grande importance pour la savonnerie.

Quand le salin a été mal cuit, soit qu'il ait été retiré trop tôt du four à incinérer, soit qu'il n'ait pas continué à brûler en tas sur le sol, il se présente alors, partie en poussières, partie en morceaux, d'un aspect terreux gris noir; il est assez léger, fond très-bien à l'eau, mais filtre mal, donne des lessives colorées, sentant la vinasse, qui communiquent au savon une odeur repoussante et une coloration très-foncée.

Le salin cuit à point dans le four, s'il a été mis en trop gros tas, si ces tas sont exposés à un courant d'air, peut continuer à brûler trop activement ; sa masse devient alors incandescente, les sels alcalins se fondent, ils forment de gros morceaux vitreux, gris verdâtre, ayant l'aspect du grès et du porphyre. Un mètre cube de ce salin pèse au moins 1,200 kilog. A cet état, le sulfate qu'il contient s'est en partie réduit en sulfures, sous l'influence de la chaleur développée par le charbon des matières organiques de la mélasse. Son odeur est caractéristique : c'est celle de l'acide sulfhydrique, celle qui se dégage des œufs gâtés.

Son odeur repoussante se développe d'un façon plus prononcée, en imbibant de salive un fragment de salin; c'est un moyen pratique, assez imparfait il est vrai, de reconnaître si la potasse brute est sulfureuse.

Ce salin coulé et vitrifié fond difficilement même à l'eau bouillante; il en résulte une perte sérieuse pour le savonnier ou le raffineur qui emploie un pareil produit, car à l'épuisement une partie notable des sels alcalins non dissous reste dans les résidus insolubles.

La richesse des salins varie naturellement, selon toutes les circonstances pouvant exercer une influence sur la qualité des betteraves dont ils proviennent; leur composition en sels potassiques diffère suivant la nature du terrain qui a produit les betteraves dont ils dérivent; en général leur richesse en carbonate de potasse est en raison directe du degré de l'épuisement de ce terrain, par les récoltes abondantes de betteraves qu'il a pu donner.

La betterave absorbant dans sa croissance une si grande quantité de sels minéraux, doit en peu d'années épuiser complètement le sol qui la produit; car rarement on restitue au terrain par les engrais la potasse qu'on lui enlève.

Un sol vierge de culture de betteraves donne des salins dont la richesse en carbonate de potasse va quelquefois jusqu'à 50 %; c'est ce qui arrive pour les salins allemands et belges et pour ceux du département de la Somme, de l'Aisne et de la Marne, contrées où les fabriques de sucre, peu nombreuses ou établies récemment, n'ont pas encore réclamé des quantités considérables de betteraves.

Dans les départements du Nord et du Pas-de-Calais, berceaux de l'industrie sucrière, la richesse en carbonate de potasse varie de 20 à 30 % et tombe quelquefois à 10 %; le sol en effet est épuisé par une production considérable de ces racines.

La manière de travailler la mélasse soumise à la distillation influe beaucoup aussi sur la composition des salins. En effet, dans le travail préliminaire de la fermentation, la mélasse étendue d'eau est acidulée soit avec de l'acide sulfurique soit avec de l'acide chlorhydrique, le premier de ces acides est plus généralement employé. On comprend facilement, que ces acides décomposent une partie du carbonate de potasse, et que plus on emploie d'acide plus on affaiblit le titre des salins.

Voici plusieurs analyses de salins, faites sur des échantillons de la campagne 1876. (Voir le tableau ci-après.

ÉLÉMENTS POUR 100 DE SALIN.	PROVENANCE DES SALINS ANALYSÉS							
	CHAUNY Aisne.	LABASSÉE Nord.	MAGDEBOURG Prusse.	HAMBOURG Prusse.	LABASSÉE Nord.	QUESNOY sur Deule.	TOURNAY Belgique.	SALÔME Nord.
Carbonate de potasse	31.36	23.52	39.61	42.10	19.94	24.25	40.66	12.47
Carbonate de soude	12.46	22.89	14.75	14.70	27.31	24.60	20.40	29.53
Chlorure de potassium	13.00	16.32	12.32	14.60	17.69	12.47	20.12	19.20
Sulfate de potasse	24.65	20.03	6.33	6.90	16.74	17.16	4.78	18.27
Résidu	15.60	13.69	14.94	12.80	12.87	13.76	7.76	18.80
Eau	2.40	3.55	11.50	8.90	5.45	7.76	6.28	1.70
Pertes	0.53		0.53					0.03
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.000	100.000	100.000	100.000
Nom du chimiste	Denimal.	Violllette	Docteur Hugo Schulz.	Dorneman.	Violllette.	Violllette.	Violllette.	Denimal.

ÉVAPORATION DES VINASSES.

Une distillerie de bonne importance traite par jour au moins 40,000 kil. de mélasse, qui, à raison de 12 °/₀ de salins, donnent environ 4,500 kil. potasse brute. La mélasse, avant d'être soumise à la fermentation alcoolique, est étendue d'une quantité considérable d'eau; de sorte que le volume d'eau à évaporer par jour, pour obtenir le résidu salin, ne peut s'évaluer à moins de 1,800 hectolitres. On conçoit alors combien les distillateurs ont d'intérêt à n'employer que les méthodes d'évaporation les plus économiques.

Avant de décrire tous les systèmes proposés ou appliqués pour la concentration des vinasses, il y a lieu d'examiner la composition de la mélasse.

En dehors du sucre, la mélasse renferme des matières organiques qui se sont formées dans les concentrations successives (cuites des premières, secondes, troisièmes, etc.), des sels organiques de potasse et de soude, différents autres sels provenant de l'eau, et enfin des corps gras introduits dans le travail de la sucrerie.

La mélasse laisse à l'incinération 10 à 12 °/₀ de cendres, elle contient :

	COLLOT.	LANGÉ.	BRUNNER.
Eau	19,50	18,50	15,20
Sucre	48,13	50,70	49,00
Matières organiques	22,47	30,80	30,80
Sels	11,90		

Tous ces éléments, moins le sucre, se retrouvent dans les vinasses après distillation; on y rencontre en plus l'acide sulfurique ou chlorhydrique introduit pour la fermentation.

Les matières solides, autres que le sucre, s'élèvent donc en moyenne à 33 °/₀, et si on en retranche les cendres 12 °/₀, il reste 21 °/₀ de matières organiques pouvant dans des conditions déterminées dégager des gaz combustibles susceptibles, après mélange avec des proportions convenables d'air, de s'enflammer et de produire des quantités considérables de chaleur utilisable.

Nous avons voulu déterminer le pouvoir calorifique de ces matières organiques, le résultat de plusieurs expériences nous a donné, par kilog, le chiffre rond et très-approché de 8,500 calories, leur capacité calorifique est donc supérieure à celle du meilleur charbon de terre, ce qui s'explique facilement quand l'on sait que les gaz dégagés sont très-riches en hydrogène.

Les 40,000 kil. de mélasse, traités par jour, contiennent donc 40,000 × 0,21 = 8.400 kil. de combustible, pouvant dégager 71,400,000 calories (8,400 kil. × 8,500 calories). Or les vinasses provenant de ces mélasses représentent par jour 1,800 hectolitres, ce qui donne, en ne tenant pas compte du poids des salins extraits, 180,000 kil. d'eau à évaporer. La quantité de chaleur nécessaire pour arriver à ce résultat, en supposant les vinasses à la température de 50 degrés, peut aisément se calculer; il suffit de rappeler que chaque kilog. d'eau, supposé à l'ébullition, absorbe pour se changer en vapeur 540 calories. Chaque kilog. de vinasse aura donc besoin de 50 calories pour arriver à la température de 100 degrés, plus 540 calories pour s'évaporer, ou 540 + 50 = 590 calories par kilog, ou pour 188,000 kil., 590 × 180,000 = 96,200,000 calories.

En se reportant aux chiffres de 71 millions de calories fournies par la matière organique, on voit que la vinasse contient plus des deux tiers du combustible nécessaire à sa propre évaporation; et si des chiffres théoriques, on passe aux résultats pratiques, on peut compter que les vinasses renferment la moitié du combustible exigé par l'opération devant donner les matières salines.

Méthodes diverses d'évaporation. — Les premières méthodes d'évaporation ne tenaient pas compte de l'utilisation possible du combustible, représenté par les matières organiques des vinasses. On se contentait de les évaporer, soit dans de grandes chaudières plates à feu nu, soit à vapeur dans des cuves en bois avec serpentins. Dans l'un et l'autre cas, la vinasse arrivée à 30 ou 35 degrés Baumé passait dans des fours d'incinération à réverbère, chauffés avec de la houille à longue flamme. Au bout de peu de temps la vinasse s'enflammait, on ralentissait alors le feu du foyer et l'incinération s'opérait d'elle-même.

Cette méthode d'évaporation, encore employée dans quelques petites usines, n'utilise pas la chaleur dégagée par la matière organique; elle tend de plus en plus à être complétement abandonnée et remplacée par des systèmes plus perfectionnés, qui tous ont pour but principal, de se servir de la chaleur dégagée à l'incinération, pour commencer l'évaporation des vinasses, nous allons examiner ces divers systèmes.

La figure 5 donne une idée des premiers essais, bien imparfaits du reste, de l'utilisation des gaz chauds; elle représente un grand four à réverbère, dont la sole est divisée en deux compartiments, l'un A très-rapproché du foyer où s'opère l'incinération. l'autre B lui faisant suite, où commence l'évaporation des vinasses. Le liquide étant chauffé par le dessus et en contact direct du calorique, on obtient déjà une économie de combustible, sur le système rudimentaire dont nous avons parlé plus haut; l'air incessamment renouvelé par le tirage entraîne les vapeurs produites et facilite l'évaporation. La sole du four peut du reste être faite entièrement en maçonnerie, en donnant au liquide une très-faible épaisseur. Le grand inconvénient de ce four, encore employé communément en Allemagne, c'est de ne jamais présenter, malgré ses dimensions, une surface de chauffe assez considérable pour que tous les gaz de la combustion se dépouillent complètement de leur calorique, avant d'arriver à la cheminée.

La construction du four figure 6 tient compte, mais dans une faible mesure, de l'inconvénient dont nous venons de parler; il est aussi à deux compartiments A et B, mais le compartiment B est recouvert, non par une voûte en maçonnerie, mais par des plaques de fonte formant chaudière d'évaporation. La vinasse avant d'arriver sur la sole du four passe en couche mince sur ces plaques.

Le four Hurtrel, figure 7, est une heureuse modification du précédent; les plaques en fonte sont chauffées en dessus et en dessous, la surface de chauffe est donc doublée; de plus, les plaques disposées en cascades ne sont pas encombrantes, tout en présentant un grand développement; le four alors peut être réduit à des dimensions relativement faibles pour obtenir le même effet utile. Le seul inconvénient sérieux de ce système consiste dans le nettoyage difficile des plaques qui s'encrassent assez rapidement.

Le four Porion, dont la figure 8 donne une coupe verticale, utilise complétement tout le calorique dégagé par l'incinération des matières organiques et du combustible employé. C'est le type le plus répandu en France, dans toutes les distilleries importantes, il procure une économie considérable de charbon. Il se compose d'une ou plusieurs soles d'incinération A et d'une vaste chambre d'évaporation B. La vaporisation est activée dans une forte proportion, par l'agitation qu'on produit dans le liquide, au moyen d'agitateurs à palettes en

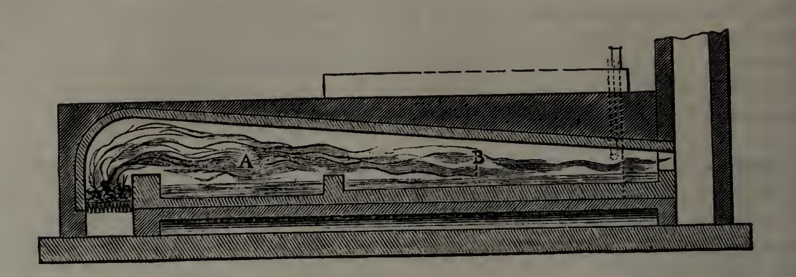


Fig. 5. — Four primitif.

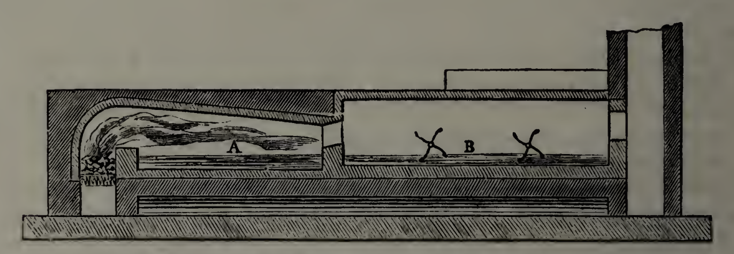


Fig. 8. — Four avec évaporateurs mécaniques, système Porion.

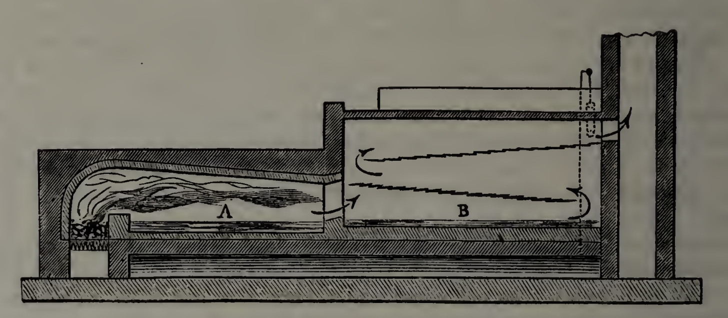


Fig 7. — Four avec évaporateur a cascades, système Hurtrel.

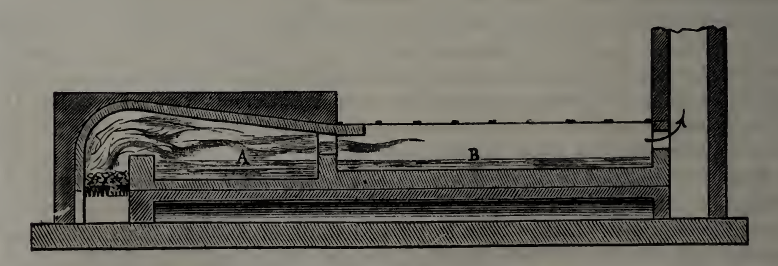


Fig. 6. – Four avec évaporateur à plaques métalliques.

fonte, dont les axes horizontaux traversent les parois du four pour recevoir leur mouvement à l'extérieur.

Grâce à la vitesse imprimée aux agitateurs, la vinasse projetée en pluie fine dans le courant des gaz chauds, s'évapore par suite plus rapidement, et la chaleur du combustible est utilisée presque complétement. Toutefois l'économie qui en résulte est largement compensée par la perte due à l'entraînement des sels par le courant rapide des gaz du foyer. On conçoit facilement, que la vinasse, projetée dans ce rapide tourbillon des gaz chauds, n'a pas le temps de se vaporiser complètement, et qu'une partie, sous forme de petits globules vésiculaires, s'échappe par la cheminée d'appel. Cet entraînement est d'autant plus onéreux qu'il porte surtout sur les carbonates, ou du moins sur les sels organiques qui les formeront à l'incinération.

Des essais sérieux et précis n'ont pas été faits pour déterminer le chiffre exact de cet entraînement; mais il est un fait pratique bien constaté : c'est que le quantum de carbonate, obtenu habituellement dans une distillerie, en employant les méthodes d'évaporation précédemment décrites, baisse immédiatement, quand on applique l'évaporation avec agitateurs à palettes. Du reste, l'entraînement est inévitable dans toute évaporation ; il prend surtout des proportions très-fortes quand l'évaporation est produite par le mélange du liquide avec un violent courant gazeux; ce fait a été constaté d'une façon précise dans l'évaporation des eaux salées par les bâtiments de graduation. On sait que cette méthode consiste à faire tomber, d'une certaine hauteur, l'eau salée en pluie fine sur une série de fagots surperposés au-dessus d'un réservoir très-large. Les gouttes, tombant de branches en branches, subissent dans leur chute un long contact avec l'air, et la concentration du liquide s'opère d'autant plus vite que cet air est plus sec et que la vitesse de son courant est plus grande; cette vitesse moyenne, même en tenant compte des temps de vents violents, n'atteint jamais celle du tourbillon gazeux produit par les agitateurs à palettes. Dans ces conditions, qui semblent cependant plus favorables, Schonebeck et Kolberg ont estimé la perte en sels, dans les salines d'Allemagne, à plus de 5 $^0/_0$ du poids de sel contenu dans la dissolution soumise à la graduation.

Les fours à agitateurs, malgré les inconvénients, tendent de plus en plus cependant à être appliqués dans toutes les distilleries; il s'est monté, ces années dernières, beaucoup de contrefaçons du four Porion. Ces systèmes bâtards se sont inspirés du four Hurtrel et du four Porion, on y retrouve et les plaques à cascades, et les agitateurs à palettes. Ils n'offrent aucun avantage nouveau; ils exagèrent au contraire les défauts que nous venons de signaler. Sous prétexte de mélanger l'air intimement avec les gaz des matières organiques, un puissant ventilateur souffle continuellement sous le foyer, il en résulte un courant gazeux bien plus rapide que dans le four Porion et par suite l'entraînement doit être encore plus considérable. Le ventilateur ne pourrait avoir sa raison d'être que si l'on se trouvait dans l'obligation de brûler des charbons maigres. Ce qui frappe dans tous ces systèmes: c'est l'économie de charbon; un distillateur brûle-t-il 20,000 kil. de charbon par jour pour l'évaporation de ses vinasses? on s'engage à l'opérer avec 12,000 kilog., c'est une économie de cent francs par jour il est vrai : c'est ce qu'on voit; mais ce qu'on ne voit pas : c'est le carbonate de potasse qu'on lance par la cheminée. Il est à désirer que des expériences sérieuses fassent la balance entre ce bénéfice palpable et cette perte invisible.

Il est bon de signaler aussi, que tous les gaz de la combustion du charbon se trouvant en contact direct avec le liquide, il y a production de sulfate de potasse au détriment du carbonate, par la combinaison du soufre du charbon avec cet alcali. Le sulfure de fer du charbon en brûlant, dégage de l'acide

sulfureux qui se trouvant dans un milieu très-oxydant se change en acide sulfurique et se combine à la potasse.

Evaporation par effets multiples.— Dans toutes les méthodes précédemment décrites, les inventeurs ne se sont préoccupés que d'une seule chose : l'utilisation complète du calorique dégagé par le combustible direct et par les matières organiques des vinasses; dans cette ordre d'idée, nous avons vu que l'on était arrivé à de magnifiques résultats, mais toujours aux dépens du rendement et de la richesse du salin obtenu.

Réduire encore de beaucoup le combustible direct à employer, ne se servir pour ainsi dire que de la chaleur dégagée par la combustion raisonnée des matières organiques, en un mot, évaporer les vinasses sans charbon, semble, au premier abord, constituer un résultat tellement beau, qu'il peut paraître chimérique.

M. Romein, ingénieur à Lille, en collaboration avec l'auteur du présent mémoire, poursuivit en ce sens de nombreux essais qui ont abouti à une nouvelle méthode d'évaporation, consommant plus de moitié moins de charbon que les fours les plus perfectionnés, tout en supprimant les pertes dues à l'entraînement et à la formation de sulfates.

Dans la nature, rien ne se perd, rien ne se crée; tout se transforme.

On trouve une application de cette vérité en examinant les effets du calorique appliqué aux évaporations. Si par la combustion ou tout autre moyen, après avoir développé une certaine quantité de chaleur, on se sert de cette quotité pour chauffer un liquide, toute la chaleur produite se retrouve emmagasinée dans le liquide, dont la température augmente ; il peut alors, à son tour, céder tout le calorique qu'il a reçu, à tout autre corps se trouvant dans les conditions physiques nécessaires pour que cet échange ait lieu. Si l'on considère ce même liquide, arrivé au point d'ébullition, les nouvelles quantités de chaleur fournies par le combustible, se retrouveront dans la vapeur dégagée; cette vapeur pourra servir à évaporer une nouvelle quantité de liquide, qui produira aussi de la vapeur, utilisable à son tour. Cet échange de calorique pourrait se poursuivre à l'infini, en ne tenant pas compte bien entendu des pertes par rayonnement et par transformation de la chaleur en mouvement, au passage des vapeurs dans les différents organes nécessaires à leur utilisation multiple.

C'est sur ce principe appliqué jusqu'à ce jour seulement dans les fabriques de sucre, qu'est basée la nouvelle méthode d'évaporation que nous allons décrire.

Les vinasses contiennent pratiquement la moitié du combustible nécessaire à leur propre évaporation, on peut donc avec cette quantité vaporiser la moitié de l'eau qu'elles renferment; or la vapeur produite représentera tout le calorique primitivement dégagé et théoriquement par un double effet, ou pratiquement par un triple effet, on pourra évaporer la quantité totale d'eau avec ce seul combustible.

La figure 9, page 121, représente une coupe des fours à incinérer et des appareils à multiples effets. Les vinasses supposées à un degré convenable de concentration s'incinèrent dans deux fours FF', dont l'un est à la première période de l'incinération quand le second est à la dernière. Au moyen de registres renversables à volonté, les gaz passent alternativement d'un four sur l'autre, pour aller ensuite chauffer un générateur dont la figure 9 ne représente que le dôme *b*. La vapeur produite par ce générateur évapore la vinasse de l'appareil *c* qui bout sous une faible pression; l'appareil *c'* reçoit la vapeur de *c* et bout sans pression, *c''* reçoit la vapeur de *c'* et s'évapore sous une dépression de 35 à 40 centimètres de mercure.

La figure 10 donne une coupe horizontale et une vue perspective avec déchi-

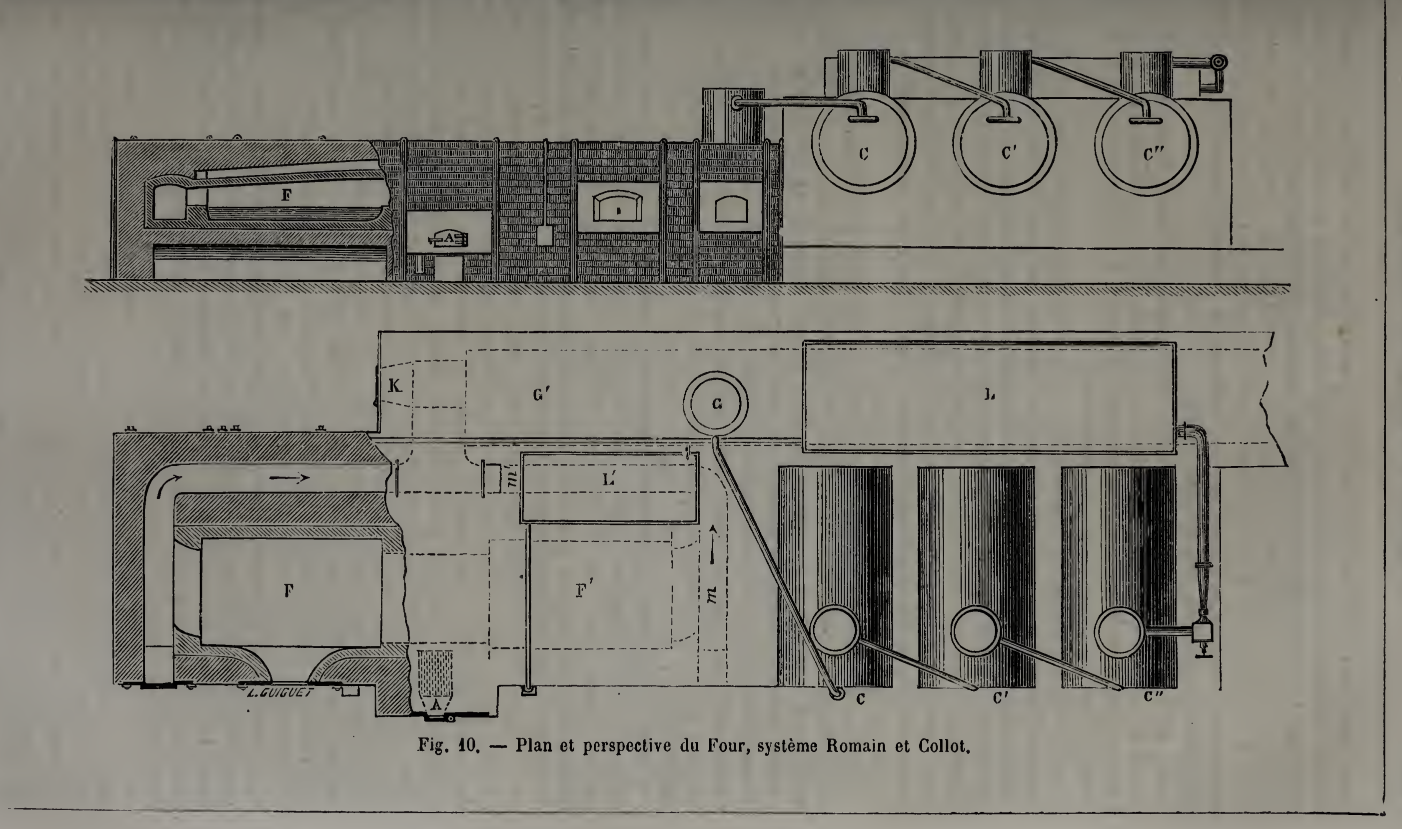


Fig. 10. — Plan et perspective du Four, système Romain et Collot.

rures montrant la figure du four F. Le générateur gg' est indiqué en pointillé, les gaz enflammés des matières organiques le chauffent en arrivant alternativement par les gargouilles *mm* et *m'm'*; ces gaz passent sur un foyer *k* destiné à fournir comme supplément le calorique nécessaire au chauffage du générateur. L'air nécessaire à la combustion arrive toujours chaud, car on le force, par le jeu des registres, à passer par la partie de la gargouille chauffée, lors de la précédente opération, par les gaz brûlés.

Des distributeurs spéciaux et métalliques, placés de façon à injecter de l'air chaud à l'encontre des gaz organiques, en produisent la combustion complète. L'introduction de l'air est réglée automatiquement. Le foyer *a* ne sert qu'à l'allumage des fours lors de la première cuite.

Ce système complet d'évaporation ne coûte guère plus cher que le four Porion et autres, car en neutralisant les vinasses on peut employer des appareils en tôle avec tubes en fer. Le rendement en carbonate est de beaucoup supérieur, il n'y a pas en effet formation de sulfates et pas d'entraînement; d'autre part les gaz des matières organiques n'étant plus mélangés à la vapeur d'eau provenant de l'évaporation des vinasses, il est possible de condenser l'ammoniaque qu'ils contiennent en très-grande quantité en disposant une tour de condensation à la suite du générateur.

Cette extraction des sels ammoniacaux des vinasses de betterave est à peine entrée dans le domaine de la pratique. Une seule usine, la plus considérable du Nord de la France, il est vrai, la maison Tilloy, Delaune et Cie de Courrières, extrait industriellement depuis deux ans des quantités considérables de sulfate d'ammoniaque des vinasses qu'elle produit. Les procédés employés par cette usine sont peu connus, mais depuis quelque temps elle désire les propager en traitant avec les distillateurs pour le montage des appareils nécessaires à cette fabrication.

L'idée d'extraire les sels ammoniacaux des vinasses, n'est pas brevetable, les appareils seuls, employés pour y arriver, peuvent l'être ; en 1844, il a déjà été pris un brevet pour cette fabrication, et depuis longtemps il a été constaté dans différentes publications que les vinasses concentrées et distillées en vases clos donnaient du carbonate d'ammoniaque avec de petites quantités de sulfhydrate et de cyanhydrate. Knap, dans son traité de chimie technologique (quatrième groupe, page 269), cite ce fait avancé par Schwarz. Tous les distillateurs peuvent donc tirer parti de cette nouvelle source d'ammoniaque qui serait si profitable à l'agriculture. Les sels ammoniacaux jouent maintenant un rôle important dans les engrais chimiques; en présence de l'augmentation toujours croissante de ces produits (le sulfate d'ammoniaque de 40 fr. les 100 kil. est monté à plus de 60 francs) on ne peut que désirer les voir retirer de toutes les matières premières susceptibles d'en fournir. Près de 300 millions de mélasse sont distillées en France et sans s'arrêter aux chiffres fantaisistes et trop exagérés pour être vrais, cités, à propos de cette fabrication, par l'année scientifique de Figuier (année 1877), on peut entrevoir une production considérable de sels ammoniacaux, qui permettraient de rendre au sol tout l'azote que lui enlève si largement la culture des betteraves; l'on rentrerait ainsi dans la loi naturelle et absolue qui veut que nous rendions à la terre tous les éléments que nous lui empruntons.

POTASSES EXTRAITES DES LAINES.

La laine des moutons est imprégnée d'une matière grasse, le *suint*, représentant de 15 à 20 % de son poids ; la peau du mouton sécrète cette matière par l'intermédiaire de petites glandes qui se trouvent à la base des poils. La quantité de suint augmente avec la finesse de la laine; les toisons de moutons de bonne race en contiennent une proportion considérable, jusque 35 %; cette proportion descend de 8 ou 10 % dans certaines laines grosses et communes.

Vauquelin en 1803 fut le premier qui étudia le suint; il concluait de ses expériences qu'il était formé d'un savon de base de potasse, d'une petite quantité de carbonate de potasse libre et non combinée, et d'une matière animale à odeur vive et pénétrante non déterminée. Chevreuil, en 1828, repris l'étude du suint, mais ne donna pas la composition exacte de cette matière. Toutefois il ressortait de ces diverses études : que les eaux de lavage des laines contenaient en dissolution la partie soluble composée essentiellement d'un sel de potasse.

La fabrication de la potasse de betterave prenant une grande extension dès son début, devait naturellement engager les esprits observateurs à examiner les résidus de fabriques, pouvant contenir ce même sel ou tout autre susceptible d'une exploitation industrielle. Une découverte en appelle souvent une autre ; quelques années à peine après les premiers essais d'incinération des vinasses, M. Evrard, en 1847, prenait un brevet pour des procédés propres à utiliser les eaux de désuintage des laines. Ces procédés, toutefois, ne reçurent pas d'applications industrielles, et ce n'est que 12 ans plus tard, en 1859, que MM. Mauméné et Rogelet ont réalisé pratiquement l'extraction de la potasse de suint ; ils peuvent donc être considérés comme les véritables fondateurs de cette nouvelle industrie.

MM. Mauméné et Rogelet ont publié dans le *Bulletin de la Société chimique* (nouvelle série t. IV p. 472) une étude complète sur le suint. D'après cette étude la laine brute en suint a la composition moyenne suivante :

Laine pure	46 %
Stéarine Elaierine	10
Suintate sec	22
Humidité	22

Le suint est formé d'une combinaison d'un acide organique avec la potasse formant un sel neutre, et d'une matière grasse abondante libre ou combinée avec des bases terreuses telles que la chaux et l'alumine; l'alcaléinité que l'on observe n'est due qu'au dégagement d'un peu de carbonate d'ammoniaque, par la fermentation putride. Ces combinaisons potassiques sont très-solubles, un simple lavage de la laine à l'eau froide suffit pur les dissoudre ; l'évaporation de la dissolution obtenue et la calcination du résidu donnent du carbonate de potasse très-pur. MM. Mauméné et Rogelet avaient cru pouvoir affirmer que cette potasse était complétement exempte de soude; dans leur étude ils revendiquent hautement cette découverte. Cette affirmation a été contredite, mais, sans entrer dans ces discussions, le travail d'extraction, qui maintenant se fait industriellement dans toute la France, démontre que toute les potasses de suint contiennent 2 % environ de carbonate de soude; toutes les analyses des potasses livrées au commerce et provenant uniquement de l'évaporation des

eaux de désuintage accusent ce quantum très-rarement dépassé et qui ne tombe jamais à moins de 1 %.

Pour démontrer l'importance que pourrait avoir l'extraction de la potasse des eaux du lavage des laines, nous empruntons à une notice sur les travaux scientifiques de Mauméné, Paris 1862, les chiffres suivants :

Le jour où toutes les laines seront lessivées, on pourra extraire en Europe seulement 84 millions de potasse de suint qui se répartissent ainsi :

France	47,000,000	moutons	pouvant donner	12,000,000	kil. de potasse
Angleterre	60,000,000	—	—	15.300,000	—
Espagne	30,000,000	—	—	7,600,000	—
Allemagne	100,000,000	—	—	25,000,000	—
Russie	50,000,000	—	—	12,750,000	—
Autres pays d'Europe	43,000,000	—	—	12,000,000	—
				84,150,000	

Ces chiffres sont loin de la réalité industrielle; il ne sera jamais possible de réussir à tirer un parti avantageux des eaux de lavage, que dans les grands établissements qui se livrent au dégraissage des laines et qui en lavent au minimum 5 à 6,000 kilogs par jour; cependant depuis 1859, cette industrie s'est implantée sérieusement en France et en Belgique; ces deux pays fabriquent actuellement 3 à 4 millions de kilogrammes de potasse par an :

Extraction de la potasse de suint. — Vu la grande solubilité des sels de potasse de la laine, le procédé d'extraction est très-simple. La laine, placée dans des filtres en bois montés à bascule, est arrosée par un mince filet d'eau froide; ce premier lavage passe directement à l'évaporation, le second est remonté sur le filtre voisin au lieu d'eau pure. Ce simple lavage suffit pour enlever toute la potasse, et comme la laine forme elle-même une surface filtrante, les jus s'écoulent très-limpides, débarrassés des matières terreuses et autres contenus dans la laine.

Le désuintage se réduit donc en résumé à un lavage préliminaire avec peu d'eau; l'économie de main-d'œuvre doit être dans cette opération, le principal objectif des peigneurs de laine. Dans un désuintage bien organisé, la laine doit pouvoir arriver du magasin dans de petits wagons légers qui peuvent déverser leur contenu directement dans les filtres d'épuisement; ces derniers appareils, après la filtration, basculent et rejettent la laine à pied d'œuvre, près de bacs de dégraissage. Une pompe remonte les eaux du second lavage. Avec très-peu de main-d'œuvre et de temps on peut désuinter par cet agencement des quantités considérables de laine.

Nous proposerions cependant un système, non encore appliqué, qui devrait supprimer presque complétement la main-d'œuvre : Ce serait d'opérer le désuintage directement dans des wagonnets construits spécialement à cet effet; ces wagonnets, transportant la laine du magasin à l'atelier de lavage, s'arrêteraient quelques instants au-dessus d'une citerne pour l'opération du désuintage, ils seraient ensuite dirigés, sans aucune manutention de la laine, près des bacs de dégraissage.

Toutes les opérations du désuintage doivent se faire en peu de temps, afin que la laine ne puisse s'altérer dans l'eau. On règle la quantité d'eau à employer de façon que les jus obtenus pèsent 6 à 8 degrés Baumé; en dépassant ce degré on s'expose à ne pas obtenir une laine aussi blanche, la coloration des

us pouvant lui communiquer une teinte jaune difficile à faire disparaître par es lavages qui suivent.

Dans tous les procédés de désuintage on ne doit pas perdre de vue : que 'extraction de la potasse constitue une industrie tout à fait accessoire, qui n'est pratique et réellement lucrative qu'autant qu'elle ne nuit en rien à la qualité et à la blancheur de la laine lavée et peignée; deux conditions essentielles sont nécessaires pour arriver à ce résultat : la rapidité des opérations et le faible degré des lessives obtenues. Pour ne pas s'être persuadés de ces deux nécessités, certains peigneurs ont dû, après des essais de désuintage, renoncer à cette opération qui présente cependant des bénéfices certains. Nous ne saurions donc approuver les idées émises à ce sujet par les fondateurs de cette industrie : MM. Mauméné et Rogelet; en vue d'obtenir des dissolutions très-riches ils conseillent en effet aux peigneurs, d'après Knapp, de faire subir à la laine un véritable lavage méthodique, en faisant passer la même eau successivement dans plusieurs cuves et plusieurs fois sur la même laine.

Du reste, au début de cette industrie, le lavage des laines s'effectuait sur un grand nombre de points, dans des établissements peu importants; les eaux de désuintage devaient alors être recueillies dans chaque établissement et transportées dans une usine centrale, pour être évaporées et incinérées. Dans ces conditions onéreuses, à cause des frais de transport, le degré élevé des eaux était une condition essentielle de leur exploitation. Mais, depuis 15 ans environ, le lavage et le peignage des laines tend à se concentrer dans de grands établissements qui travaillent à façon, pour le compte des négociants, et lavent par jour depuis 10,000 jusqu'à 50,000 k. et plus de laine brute. Ces grandes usines fabriquent naturellement la potasse sur place et la question de concentration des eaux n'a plus autant d'importance.

Quel que soit le procédé employé pour le désuintage, les eaux de suint sont évaporées et incinérées par l'un des procédés indiqués précédemment, à propos des vinasses de betteraves, nous n'y reviendrons donc pas. Il est à remarquer cependant que les eaux de suint ne sont pas acides et s'évaporent très-bien dans des triples effets; par ce système, on arrive à évaporer jusqu'à 20 et 25 kilog. d'eau par kilogramme de charbon. Avec ces données, il est facile pour chaque usine suivant son importance, de calculer l'économie de combustible obtenue avec ce procédé et d'établir le prix de revient de la potasse produite.

Le résidu de l'évaporation, le suintate sec, pourrait être chauffé en vase clos, de façon à recueillir l'ammoniaque qu'il dégage pendant sa calcination. Cette idée n'a pas reçu d'application industrielle, elle pourrait donner cependant des résultats très-satisfaisants, car le prix des sels ammoniacaux est très-élevé, et la vinasse de suint est bien plus riche en matières azotées que la vinasse de betteraves.

C'est pour utiliser l'azote de suintate sec qu'en 1865 M. Havrez proposait son emploi, après l'avoir mélangé de crottin, pour la fabrication des cyanures; de son côté M. Léon Sauvage a réclamé la priorité de cette idée (*Moniteur scientifique* 1870, t. XII pages 120 et 250) pour laquelle il avait pris un brevet le 30 décembre 1864. Cette application n'est pas passée dans le domaine de la pratique.

Propriétés physiques de la potasse de suint. — Au premier aspect la potasse brute de suint ressemble assez au salin riche de betteraves; cependant, sans en faire l'analyse, un œil exercé et habitué aux différents genres de potasse reconnait de suite celle extraite de la laine. La bonne potasse de suint est de couleur gris bleu caractéristique. Elle se présente en petits morceaux poreux et légers, sans odeur de sulfure, sans mélange de poussières noirâtres. A cet état, sa densité est la même que celle du bon salin de betterave; elle

fond très-facilement, donne des lessives limpides et peut remplacer complètement en savonnerie la potasse raffinée.

En hiver surtout, si les prix le permettent, les savonniers doivent employer du suint comme mélange; cette potasse empêche en effet le savon mou de blanchir, de perdre sa transparence et de se décomposer par le froid. Cette propriété vient évidemment de ce que cette potasse contient très-peu de soude, comme le montrent les analyses que l'on trouvera plus loin.

La potasse pure donne avec toutes les huiles un savon mou, pâteux et transparent, tandis que la soude produit un savon dur et opaque. Un mélange de ces deux alcalis doit donc donner surtout par le froid un savon qui sera d'autant moins onctueux et transparent que la proportion de soude sera plus forte.

La potasse de suint exposée à l'air attire fortement l'humidité. Un échantillon de deux à trois cents grammes, exposé dans un appartement pendant dix à douze heures, prendra un état déliquescent tellement prononcé, qu'il sera presque fondu et à l'état sirupeux. Cette propriété vient d'abord de ce que la potasse de suint est très-pure et presque exempte de soude, mais surtout de ce qu'elle contient 4 à 5 $^0/_0$ de potasse caustique absorbant bien plus facilement l'humidité que le carbonate de potasse.

Cette causticité partielle de la potasse ne peut qu'être avantageuse pour la savonnerie, car c'est à cet état qu'elle doit finalement employer la potasse.

La grande déliquescence des potasses de suint peut révéler facilement à l'acheteur, si le produit qu'il a reçu est pur ou mélangé frauduleusement avec des salins de betteraves. A cet effet, on casse, en petits morceaux de la grosseur d'un pois, quelques fragments de potasse prélevés dans un fût en plusieurs endroits — L'on expose à l'air deux ou trois cents grammes de ces morceaux sur une feuille de papier; douze heures après, cet échantillon indique clairement la fraude si elle existe, car tout le suint est en déliquescence et à l'état sirupeux; tandis que le salin, tout en ayant absorbé de l'humidité, reste presque intact comme auparavant. Ce moyen pratique, à défaut d'exactitude absolue, peut en tout cas éveiller les soupçons de l'acheteur, et s'il a lieu de douter de la pureté de sa potasse, lui conseiller de faire faire une analyse complète.

Quand la potasse a été mal cuite, elle est d'un aspect charbonneux, noirâtre et en poussière terreuse; ses lessives sont colorées. A cet état, quoique donnant le même rendement et ayant le même titre, elle doit cependant avoir une moins value pour l'acheteur, car elle se travaille bien plus difficilement et a surtout l'inconvenient capital d'empêcher la chaux de déposer au fond des lessives, à la caustification. Dans cette opération, le carbonate de chaux reste en suspension, il faut des lavages à l'eau, souvent répétés, pour l'épuiser complétement; il en résulte donc un surcroît de main-d'œuvre, des lessives faibles, et par contre, une dépense de combustible pour les évaporer.

Quelques peignages, au lieu de désuinter la laine par un lavage à l'eau dans des tonneaux à doubles fonds, évaporent directement les eaux du premier trempage de la laine agitée dans de grandes cuves en bois ou en tôle; dans ce dernier cas, les eaux de suint sont mélangées de toutes les parties sableuses de la laine, et la potasse obtenue est naturellement moins riche. La richesse de la potasse de suint peut descendre de 78 $^0/_0$ de carbonate (quantum obtenu habituellement dans le premier procédé), à 60 et même 45 $^0/_0$. A ce degré, ce bas produit peut encore avoir la coloration bleuâtre de la bonne potasse, mais il n'est pas en morceaux, il a l'aspect d'une poussière sableuse, il contient 4 à 5 $^0/_0$ de silicate de potasse dont la présence est utile à signaler aux acheteurs savonniers, raffineurs. En effet, certains chimistes ne dosent pas le silicate dans leurs analyses; il se trouve donc en partie compté comme carbonate de potasse, au détriment du preneur. On devra toujours spécifier, dans un achat sur ana-

lyse : que le silicate sera déterminé, et de plus que la silice sera considérée comme unie à la potasse et non à la soude. Bien que la science ne puisse sûrement déterminer à laquelle des deux bases, potasse ou soude, la silice s'est combinée, il est plus naturel de penser que c'est à la potasse puisqu'elle constitue la partie dominante du mélange des deux alcalis.

La richesse moyenne des bonnes potasses de suint, obtenues par le désuintage au tonneau est de 76 à 79 °/₀ de carbonate de potasse. On peut cependant obtenir une richesse de 82 °/₀, en laissant la masse saline enflammée plus longtemps dans le four à incinérer. La matière charbonneuse se brûle complètement, et la potasse, subissant une véritable calcination, augmente de richesse. Mais en présence de la haute température qu'exige cette calcination, une partie du sulfate se réduit, et finalement la potasse est de moins bonne qualité, elle contient en effet des sulfures en quantité très-appréciable. Le savon obtenu avec de semblables matières n'a plus sa bonne et franche odeur de lessive que recherchent les consommateurs; les savonniers doivent donc préférer la bonne potasse 75 à 78 °/₀ non sulfureuse quoique bien cuite.

Comme résumé, nous donnons les analyses de quelques échantillons de potasse de suint.

POTASSE DE SUINT DES USINES DE ROUBAIX (NORD)

1er *échantillon*

Carbonate de potasse	79.25
Carbonate de soude	2.00
Chlorure de potassium	4.85
Sulfate de potasse	3.90
Résidu insoluble	5.22
Eau	4.78
TOTAL	100.00

2e *échantillon*

Carbonate de potasse	76.82
Carbonate de soude	3.22
Chlorure de potassium	8.81
Sulfate de potasse	5.81
Résidu insoluble	1.80
Eau	3.54
TOTAL	100.00

3e *échantillon*

Carbonate de potasse	82.05
Carbonate de soude	2.07
Sulfate de potasse	3.10
Sulfures et sulfites	1.25
Chlorure de potassium	3.85
Résidu insoluble	4,01
Eau	3.67
TOTAL	100.00

POTASSE DE SUINT DE BELGIQUE

Carbonate de potasse	70.65
Carbonate de soude	2.29
Chlorure de potassium	10.40
Sulfate de potasse	9.82
Silicate de potasse	1.22
Eau	5.62
TOTAL	100.00

POTASSE DE SUINT DES EAUX DE TREMPAGE

Carbonate de potasse	48.26
Carbonate de soude	4.01
Chlorure de potassium	6.40
Sulfate de potasse	5.90
Silicate de potasse	4.80
Eau	3.10
Résidu insoluble	27.53
Total	100.00

POTASSE DE SUINT DE VERVIERS

Carbonate de potasse	60.87
Carbonate de soude	3.82
Sulfate de potasse	7.12
Chlorure de potassium	8.22
Silicate de potasse	5.40
Eau	3.20
Résidu insoluble	11.37
Total	100.00

Raffinage des potasses. — Toutes les potasses brutes contiennent d'abord des quantités variables, mais toujours assez fortes, de matières inertes et insolubles, des sels neutres de potasse : le chlorure et le sulfate, et enfin un alcali en proportion considérable : la soude — L'élimination de la partie insoluble et la séparation de chacun des autres sels constituent l'industrie du raffinage de potasse.

Dans le commerce on désigne sous le nom de potasse raffinée, toute potasse blanche contenant peu ou pas de matières insolubles, débarrassée de la plus grande partie de la soude et des sels neutres que renfermaient les salins ou autres matières premières dont elle a été extraite.

Le degré de pureté des potasses raffinées peut varier beaucoup, en général il ne descend jamais au-dessous de 70 % de carbonate de potase, et ne dépasse pas 93 %. Les types les plus répandus dans le commerce sont les suivants : 75 à 80, 78 à 82, 80 à 85, 88 à 92.

Toutes les potasses brutes peuvent être soumises au raffinage, mais celles de betteraves, par suite de la grande quantité de sels qu'elles contiennent, sont presque exclusivement traitées dans les raffineries. Les potasses de suint sont ordinairement vendues à la savonnerie, à l'état brut, à moins que leur prix de vente ne soit inférieur d'au moins 8 centimes à la potasse raffinée ; dans ce dernier cas, le producteur peut trouver avantage à l'épurer et à la transformer en potasse 92 %, d'un placement facile à la cristallerie.

Le raffinage fut naturellement la conséquence de l'extraction des potasses brutes de vinasses de betteraves ; dès 1845, M. Coupier, chimiste, prit un brevet pour la neutralisation des vinasses acides par la chaux en vue d'obtenir un rendement supérieur en carbonate de potasse, et pour le travail de séparation des sels du produit brut obtenu par leur incinération.

Les premiers essais de raffinage furent faits à Saultain près Valenciennes et à Frais-Marais près Douai, sous la direction Coupier pour cette dernière localitée. Ces premiers essais ne furent pas heureux comme il arrive presque toujours quand il s'agit de créer une industrie nouvelle, d'écouler des produits inconnus. Les savonniers, habitués aux potasses exotiques, achetaient difficilement les nouvelles potasses indigènes, dont la composition différente exigeait la modification de leur travail habituel ; la routine jouait un grand rôle en indus-

trie à cette époque; de nos jours elle constitue encore un obstacle puissant à la vulgarisation des produits et procédés nouveaux.

Jusque vers 1860 le raffinage de la potasse ne prit pas de développement. En 1865 quelques raffinages existaient, tous montés sur les données de M. Coupier. M. Lefèbvre, distillateur à Corbehem, avait en effet annexé à sa distillerie une raffinerie de potasse montée et dirigée par M. Coupier; un savonnier de Douai, M. Porret Bootz, sur les conseils de ce dernier avait aussi monté quelques chaudières pour raffiner seulement les potasses nécessaires à sa fabrication; bientôt, encouragé par le succès, il installa tout un raffinage; la grande distillerie de Courrières prit alors un contre-maître de M. Porret-Bootz et raffina ses salins.

Nous tenions à entrer dans ces détails, pour rendre justice à M. Coupier, qui peut revendiquer pour lui seul la vulgarisation des procédés industriels du raffinage des potasses brutes, malgré l'insuccès d'un procès tardif, qu'il intenta aux industriels qui profitaient sans redevance de ses brevets.

Les détails du raffinage des salins sont nombreux et importants, malgré la simplicité apparente des procédés employés; une grande expérience et une longue pratique sont nécessaires pour l'installation et la mise en route de cette industrie. Pour la grande intelligence de notre étude, nous allons donner en quelques mots les principales opérations nécessaires à l'épuration des potasses.

Épuisement. — Tous les salins de betteraves sont composés de matières insolubles : charbon, carbonate de chaux, silice et albumine qu'il s'agit d'isoler, et de parties solubles : carbonate de potasse, carbonate de soude, sulfates et chlorures qu'il faut séparer. Le premier point est facile à obtenir. Le second, plus difficile à atteindre, constitue, à proprement parler, la seule partie importante du raffinage.

Les potasses brutes, placées dans une batterie de bacs en tôle à doubles fonds, que l'on nomme *filtres*, sont soumises à un lessivage méthodique à l'eau chaude, ayant pour but de dissoudre les matières solubles. Les jus obtenus, dans un lessivage bien réglé, sont en moyenne à 25 degrés Baumé; la matière insoluble reste sur le double fond. La première opération du raffinage se trouve ainsi terminée; les jus contiennent en dissolution tous les sels de potasse que l'on doit séparer.

Séparation des sels. — Toutes les opérations du raffinage, employées pour arriver à isoler séparément les sels, sont basées sur la différence de solubilité de ces sels, à divers points de concentration et à des températures différentes; le travail se réduit donc à une série de concentrations et de refroidissements successifs : du charbon et de la main-d'œuvre, voilà les deux seuls agents de cette industrie.

La matière insoluble étant isolée, la dissolution contient 4 sels de solubilité différente : le carbonate de potasse, le carbonate de soude, le chlorure de potassium et le sulfate de potasse. Le carbonate de potasse, qui a le plus de valeur, est le plus soluble; pendant toutes les opérations du raffinage, il reste en dissolution, abandonnant successivement les trois autres sels et s'épurant ainsi de plus en plus. Nous allons voir comment on arrive à la séparation des autres sels.

Les jus provenant du lessivage des salins sont évaporés dans de grandes cuves en fer, jusqu'à 42 degrés Baumé; à ce point on arrête l'ébullition; le sulfate de potasse, devenu insoluble dans cette lessive concentrée, se dépose au fond des chaudières : c'est le premier sel obtenu. Les jus décantés sont envoyés dans de grands bacs plats, en fer, dits cristallisoirs, et abandonnés au refroidissement. Le sulfate recueilli est lavé plusieurs fois à l'eau, pour lui enlever les autres sels qu'il a pu entraîner mécaniquement, et qui sont plus solubles; séché

à chaleur perdue sur des plaques en fonte, il est tout prêt à être embarillé et livré au commerce; il contient 93 $^0/_0$ environ de sulfate pur.

Les jus, à 42 degrés Baumé, abandonnés au refroidissement, dans les cristallisoirs, laissent déposer, sur le fond et le tour de ces réservoirs, une couche épaisse de chlorure de potassium soluble à chaud dans ces jus de première concentration, mais bien moins soluble à la température ordinaire : on isole ainsi le second sel. Après ce dépôt et refroidissement, les jus sont remontés en chaudière. Le chlorure de potassium est lavé comme le sulfate, à plusieurs eaux; séché il arrive à 92 $^0/_0$ de pureté, y compris le sulfate de potasse qu'il renferme et qui, dans la vente, compte comme chlorure.

Les jus à 42 degrés refroidis, que nous venons de voir remonter en chaudière, sont évaporés à nouveau jusqu'à 46 degrés Baumé. Pendant cette concentration, la soude, devenue en partie insoluble, tombe à chaud et pendant l'ébullition : c'est le troisième sel qu'il fallait séparer. Un nouveau refroidissement en cristallisoirs fournit une nouvelle quantité de chlorures, qui sont traités comme les premiers. Quant à la soude, on la purifie par des lavages et des dégraissages successifs, et l'on arrive à lui donner 94 $^0/_0$ de pureté.

De 46 on remonte à 50; l'on précipite à chaud pendant la concentration, une nouvelle quantité de soude, et par le refroidissement un troisième dépôt de chlorures. On peut s'arrêter à ce degré, ou continuer une série de concentration et de refroidissements, de 5 en 5 degrés, jusqu'à 60 ou 65, suivant la richesse du salin et le degré de pureté de la potasse raffinée que l'on veut obtenir.

Toutes ces concentrations se faisaient autrefois, et se font encore dans bien des fabriques, dans des chaudières à feu nu en forte tôle, chauffées directement par la flamme d'un foyer. Ce système offre de grands inconvénients; il est d'abord très-peu économique au point de vue du combustible consommé, il est dangereux à cause des dépôts abondants de soude qui se forment pendant l'ébullition. Ces dépôts, s'attachant sur le fond des chaudières, empêchent le contact immédiat du liquide avec la tôle qui peut arriver ainsi à de hautes températures et par conséquent se gondoler, se dilater inégalement, au grand préjudice de la chaudière mise hors de service en très-peu de temps. La tôle, protégée par cette couche isolante du contact du liquide, peut produire de véritables explosions si le liquide vient à la mouiller à nouveau; les jus projetés dans tous les sens occasionnent alors d'atroces brûlures aux ouvriers chargés de la conduite de ces chaudières; ces accidents ne sont malheureusement que trop fréquents.

Le chauffage par la vapeur, employé dans toutes les industries, était difficilement applicable aux dissolutions de potasse, pour de nombreuses raisons, dont les principales sont : la difficulté de faire des serpentins disposés convenablement pour le travail, avec le fer, seul métal usuel inattaquable à la potasse, l'abondance des dépôts qui s'attachaient aux serpentins, et enfin le haut point d'ébullition des dissolutions à évaporer. M. Lefebvre, de Corbehem, est un des raffineurs qui a le mieux réussi dans son système de chauffage à la vapeur, mais il a encore plusieurs chaudières à feu nu pour le dégraissage et le raffinage des soudes. Enfin, tout dernièrement, nous croyons avoir résolu complétement le problème de l'évaporation à vapeur dans les raffineries de potasse. La manufacture de produits chimiques d'Auby, installée par nos soins, n'a pas une seule chaudière à feu nu, même pour le raffinage des soudes. Les serpentins à joints extérieurs de notre système obvient à tous les inconvénients et le résultat est complet (1).

(1) Nous laissons à M. Collot toute la responsabilité de son assertion.
Note de l'Éditeur.

Nous venons de voir que l'évaporation des jus se fait en deux phases bien distinctes ; ils sont d'abord poussés directement de 22 degrés Baumé à 42 degrés, ils remontent ensuite de 42 à 55 degrés Baumé, mais en passant par des concentrations et refroidissements successifs pour séparer le chlorure par cristallisation. La première évaporation est la plus coûteuse. Pour un travail de 15,000 kilog. salins par jour, on peut évaluer, y compris les eaux de lavage des sels, la quantité de jus à 700 hectolitres et à 22 degrés. Ces jus arrivés à 42 degrés Baumé sont réduits à 300 hectolitres, cette première concentration a donc dû évaporer 400 hectolitres d'eau ou 30,000 kilogrammes. En supposant qu'une installation par serpentins ordinaires évapore 5 kilogrammes d'eau par kilogramme de charbon, la dépense de combustible se calculera par $\frac{40,000}{5} = 8000$ k. de charbon par jour. Cette dépense importante qui serait encore plus considérable en employant les chaudières à feu nu peut être réduite de plus de moitié par nos appareils à multiples effets, dont nous allons donner la description.

Évaporateurs Collot. — Le principe sur lequel reposent ces évaporateurs est bien connu : C'est l'utilisation des vapeurs produites par l'évaporation, pour chauffer et concentrer une nouvelle quantité de liquide.

Cette idée de l'utilisation multiple des vapeurs des évaporations a été émise vers 1830; la sucrerie est cependant la seule industrie qui ait appliqué d'une façon générale les appareils à double et à triple effets; le système dont il est ici question porte sur l'application des évaporations à multiples effets au raffinage de la potasse et à la transformation.

Les moyens et appareils employés diffèrent suivant la nature des jus qui doivent être concentrés. Toutefois, pour que l'évaporation puisse avoir lieu il faut toujours qu'il y ait un écart sensible entre la température de la vapeur dont on dispose et celle du liquide à évaporer, aucun système ne peut s'écarter de cette nécessité physique. Pour obtenir ce résultat, dans les triples effets des fabriques de sucre, le point d'ébullition est abaissé progressivement dans chaque caisse, en y faisant un vide de plus en plus prononcé au moyen de pompes à air et à condensation. Ce mécanisme de pompes et de condenseurs es trop compliqué pour les évaporations salines qui réclament des appareils très-simples, très-solides et d'un mécanisme assez primitif, pour qu'il ne puisse jamais exister d'interruption de travail; le prix de revient de la batterie évaporatrice est aussi une condition essentielle de vulgarisation, et ce dernier point a toujours été oublié dans les triples effets appliqués en sucrerie.

Voici la description des moyens et appareils employés pour l'évaporation à multiples effets des dissolutions salines.

La batterie évaporatrice est formée de deux ou quatre appareils suivant que 'on veut pratiquement obtenir un effet double ou quadruple. La figure 11 représente les appareils employés. Ils se composent de cylindres en tôle disposés horizontalement, dont les deux bases d'une épaisseur de 15 millimètres reçoivent des tubes en fer emboutis dans leur épaisseur absolument comme dans les chaudières tubulaires; les tubes communiquent entre eux extérieurement par des boîtes distributrices de manière à former de véritables serpentins. Cette disposition permet d'obtenir un grand effet utile, triple de celui obtenu en distribuant la vapeur dans tous les tubes par une seule boîte distributrice; elle n'encombre pas l'intérieur des appareils, condition indispensable dans les évaporations salines, à cause des dépôts salins qui se forment vers la fin de la concentration. Des regards fermés par des obturateurs permettent le nettoyage et l'évacuation des sels; un dôme surmonte chaque cylindre. Le nombre des tubes diffère non-seulement d'après l'effet obtenir, mais aussi suivant la

nature des jus et leur point d'ébullition ; du calcul exact de la surface de chauffe basé sur les données, non pas exclusivement théoriques mais surtout pratiques. dépend le fonctionnement régulier des appareils.

Le cylindre A reçoit directement la vapeur; elle circule dans son serpentin et retourne au générateur. Le liquide entre en ébullition, produit de la vapeur maintenue à la faible pression de $^3/_4$ à 1 atmosphère. Cette vapeur à la température de 118 degrés, contient exactement la même quantité de calories latentes que celle qui a servi à la produire, moins les pertes du rayonnement et de la chaleur transformée en mouvement par suite des résistances qu'elle a rencontrées dans les circuits divers qu'elle a dû parcourir et dans le phénomène lui-même de l'évaporation. Pour réparer ces pertes, et surtout pour lui donner

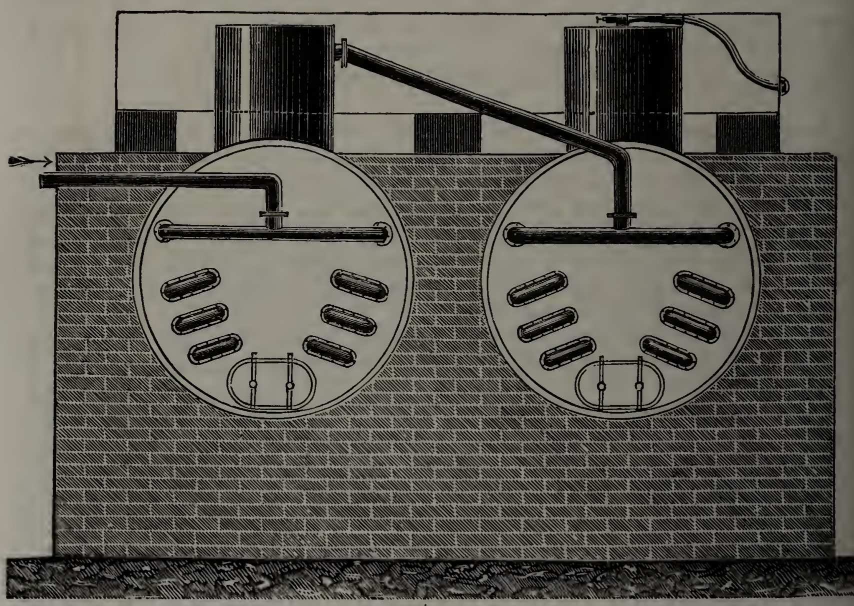


Fig. 41. — Évaporateurs Collot.

une température supérieure au degré d'ébullition du cylindre B, la vapeur circule dans un réchauffeur placé dans les gargouilles des fours à calciner, elle arrive alors à 200 degrés dans le serpentin de B.

L'appareil B entre à son tour en ébullition, les vapeurs qu'il produit ainsi que celles non condensées de son serpentin arrivent dans le bac réchauffeur C placé au-dessus, elles se condensent complétement dans ses serpentins, car l'évaporation du bac réchauffeur se produit à environ 75 degrés, au moyen d'un système de disque circulaires qui non-seulement agite le liquide, mais le présente au contact de l'air sous une grande surface et en couches d'une faible épaisseur.

Cette petite batterie travaille théoriquement par triple effet ; en pratique on peut compter sur un peu plus d'un double effet. La quantité de 8,000 kilogrammes de charbon que demande pour la première concentration le travail de 16,000 k. salins par jour, comme nous l'avons vu précédemment, se trouve réduite de moitié et n'est plus que de 3,000 à 3,500 kilogs par jour.

Outre cette économie considérable de combustible, les évaporateurs fournis-

sent en eau condensée à 75 degrés, une quantité équivalente à l'eau évaporée ; cette eau de condensation est utilisée à l'épuisement des salins ; par son emploi on évite de décomposer les alcalis, comme cela arrive toujours, plus ou moins, avec les eaux ordinaires renfermant des sels étrangers; dans l'évaporation en vase clos, on n'a pas à craindre non plus l'entraînement mécanique qui se fait dans toute ébullition, car si un peu de potasse est entraînée, elle se retrouve dans les eaux de condensation et retourne dans le courant de la fabrication.

Les concentrations de potasse de 42 à 55° se faisant successivement de 5 en 5° et alternativement après cristallisation, peuvent plus difficilement s'opérer dans des appareils clos. Des chaudières ouvertes, mais chauffées par la vapeur à l'aide de serpentins identiques à ceux des appareils à effets multiples, se prêtent mieux à ce travail.

Les figures 12 et 13 donnent les coupes de cette chaudière qui permet d'employer le chauffage à vapeur pour toutes les évaporations du raffinage de la potasse, y compris le travail de refonte et de précipitation des soudes à épurer.


Fig. 12 et 13. — Chaudière à tubes emboutis.

Pour l'évaporation des dissolutions salines concentrées, le problème à résoudre était celui-ci : Avoir un serpentin en fer peu encombrant, c'est-à-dire donnant un grand effet utile pour une faible surface de chauffe, de façon que le travail des dépôts soit facile; éviter que ces dépôts n'encrassent le serpentin ; donner au système une grande solidité, afin qu'il puisse recevoir quelques chocs au nettoyage ; le rendre aisément démontable par parties pour que les réparations soient faciles ; supprimer tous les joints en contact avec le liquide alcalin.

Aucun des serpentins ordinaires employés dans les raffineries n'a pu résoudre ce problème.

Le serpentin en spirales, c'est-à-dire composé de plusieurs tubes en fer cintrés et réunis de manière à former différents contours circulaires ou rectangulaires et superposés, ne peut donner de bons résultats. En effet, la chaudière est encombrée et les dépôts sont difficilement retirés ; ce serpentin s'encrasse surtout aux joints, raccords ou soudures, car l'épaisseur du métal étant plus forte en ces endroits, le refroidissement qui en est la conséquence attire les matières solides ; elles s'y accumulent avec une rapidité extraordinaire interceptant la chaleur et ralentissant bientôt l'ébullition. Si le serpentin est formé de plusieurs tubes réunis par des joints, ces joints crèvent à chaque instant, et par l'action de la dissolution, et par les chocs qu'ils reçoivent au nettoyage. On a voulu remédier à ce dernier inconvénient, en réunissant les tubes par des raccords à vis ou des soudures à emboîtement, mais ce système présente des embarras plus graves encore ; car si une fuite se déclare au pas de vis, à la soudure ou dans une partie cintrée, tout le système doit être retiré de la chaudière, la réparation devient alors presque impossible à faire, en tous cas elle est très-onéreuse et très-longue. Il est bon de remarquer que le cintrage des tubes en fer coûte fort cher, et que ce travail nuit singulièrement à la résistance des tubes; il n'est pas rare, en effet, de voir après quelques mois de travail, aux courbes des serpentins cintrés, des piqûres grosses comme une forte aiguille dont la section va tous les jours en augmentant.

Les serpentins à tubes emboutis obvient à tous les inconvénients, signalés

En effet, les tubes sont droits et ne reçoivent par conséquent aucune fatigue par le cintrage ; leur résistance est donc augmentée en même temps que le prix du serpentin est diminué ; les joints sont extérieurs et la dissolution ne peut les altérer, ce qui évite les retours d'alcali dans les générateurs ; les tubes peuvent être convenablement espacés et disposés de manière à ne pas gêner le travail des dépôts ; chaque élément, faisant corps avec la chaudière à ses deux extrémités, présente une grande solidité et peut recevoir des chocs nombreux, sans se détériorer. Si par incurie, dans la conduite de la chaudière un tube vient à crever, il est remplacé en quelques heures sans dépenses et sans qu'il soit besoin d'avoir recours à un ouvrier spécial.

La simplicité et la solidité de ce système permet de l'appliquer à des évapora-

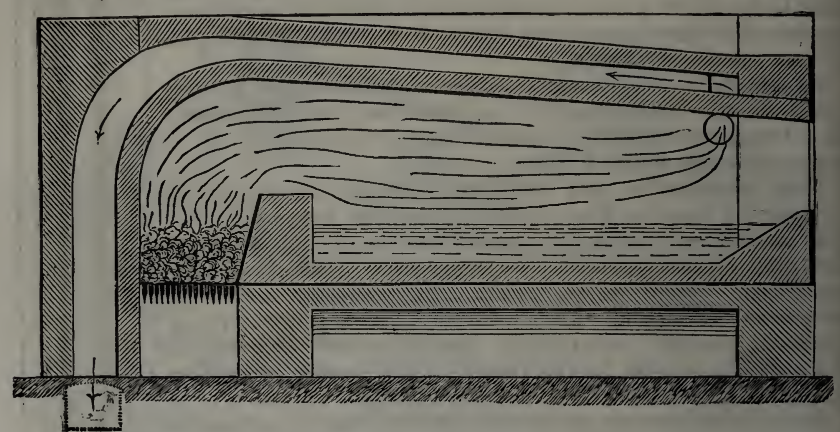


Fig. 14. — Four à calciner.

tions qui ne pouvaient se faire par la vapeur, comme par exemple dans le raffinage des soudes, soit que les soudes brutes proviennent du travail des salins, soit qu'elles dérivent du sulfate transformé. Une petite chaudière de ce système, de 2^m de largeur, sur 4^m de long et $0^m,80$ c. de hauteur peut, par un travail continu, et sans nettoyage, précipiter par jour 2,400 kil. de soude calculée à l'état sec.

Calcination des potasses.—Les jus de potasse, épurés par des évaporations et des cristallisations successives, sont évaporés à siccité dans des fours. A cet état, la potasse contient encore 8 % d'humidité et n'est pas marchande, elle est chargée de matières organiques lui donnant une coloration brune, et par suite un aspect peu satisfaisant ; elle a besoin, pour avoir le degré de blancheur et l'aspect granulé qu'on réclame dans le commerce, de subir une dernière opération que l'on nomme calcination.

Cette opération se fait dans des fours à réverbère, fig. 14, chauffés avec du charbon gras à longue flamme. La matière étendue sur la sole est léchée par la flamme et les gaz chauds ; l'excédant d'eau est bientôt chassé ; la matière arrive à une haute température que l'on doit toutefois maintenir toujours au-dessous du point de fusion. Sous l'influence de l'air, de cette température élevée, la matière organique est brûlée et la potasse devient de plus en plus blanche. Un ouvrier, armé de rables en fer, retourne la potasse, l'agite de mille manières et soutient son feu de façon que toutes les parties de la masse soient exposées également à l'action comburante de la flamme et de l'air. Autant que possible, la potasse doit être à l'état de grumaux de faibles dimensions ; les morceaux trop gros doivent être cassés par le calcineur, afin de mettre à nu leur noyau intérieur.

Si l'opération a été bien conduite, la calcination est complète au bout de 4 à 5 heures ; la cuite d'un four pèse environ 350 à 400 kilogr.

La potasse raffinée ainsi obtenue se présente sous la forme de petits granules ronds et bien blancs, mélangés d'autres morceaux plus forts, variant comme volume de la grosseur d'une noisette à celle d'une noix. Si la calcination a été bien faite, tous les morceaux sont très-blancs même à l'intérieur, ils sont très-durs, arrondis comme des galets, et d'un blanc mat, quelquefois avec une légère teinte bleue.

Si la potasse raffinée est peu riche et ne contient que 70 à 75 $^0/_0$ de carbonate, son aspect physique diffère beaucoup, elle est en granules moins fins, sa couleur est d'un blanc vitreux, les morceaux sont plus gros, moins arrondis, et présentent presque tous la trace d'un commencement de fusion pâteuse; quelques morceaux sont vitrifiés et se lessivent alors difficilement.

En effet, les potasses bas titres contiennent en général des chlorures qui fondent facilement à une température élevée, de sorte qu'à la calcination, il est impossible à l'ouvrier de maintenir son feu assez fort pour brûler les matières organiques et blanchir la potasse, sans laisser entrer sa cuite en commencement de fusion.

La différence d'aspect que nous signalons est loin d'éclairer l'acheteur, d'une façon complète, sur le degré approximatif de son produit ; cependant elle peut éveiller sa juste défiance, et lui faire examiner de plus près la richesse de la potasse. En tous cas, un produit qui présente les caractères que nous venons de signaler en dernier lieu est certainement, ou très-pauvre, ou mal travaillé.

La potasse raffinée est déliquescente, à un degré d'autant plus élevé qu'elle est plus pure. Le 80 à 85$^0/_0$, exposé en couche mince à l'air, est à l'état sirupeux au bout de 10 à 12 heures; la potasse 70 n'a pas changé d'aspect après le même temps.

La potasse raffinée doit fondre dans son poids d'eau, la dissolution ne doit contenir que très-peu de résidu et n'avoir aucune odeur.

Il est rare que la potasse de betterave titre plus de 85 $^0/_0$ de carbonate pur, le degré le plus communément fabriqué est le $^{75}/_{80}$.

POTASSE DE TRANSFORMATION.

L'industrie nouvelle de la fabrication de la potasse par transformation des sels neutres en carbonate, est la conséquence de leur production par le raffinage des salins de betteraves. La potasse ayant la plus grande analogie avec la soude, on appliqua naturellement à la décomposition de ses sels les procédés si connus de transformantion du sel marin en sulfate de soude et finalement en carbonate par le procédé Leblanc.

Différents essais avaient déjà été faits dans les salines du midi pour la transformation des sels de potasse extraits des eaux de la mer, avant que le raffinage des salins ne prît une extension suffisante pour pouvoir produire régulièrement les sulfates et les chlorures. M. Kuhlman, de Lille, fut le premier qui produisit industriellement, sur une échelle assez considérable, les potasses de transformation ; cette fabrication ne prit cependant pas d'extension entre les mains de cet habile manufacturier ; bientôt même elle fut abandonnée complétement, non par suite d'insuccès dans l'opération industrielle, mais uniquement à cause du faible bénéfice qu'elle donnait ; l'écart de prix entre les sels neutres et le carbonate n'était pas suffisant. Plus tard, quand la concurrence des sels de Strassfurt

se fit sentir, le prix des sels baissa considérablement ; cette industrie nouvelle put alors s'implanter définitivement. Toutefois, M. Kuhlman passant à juste titre, en France et à l'étranger, pour un maître en chimie pure et appliquée, la transformation des sels de potasse fut abordée avec méfiance et fut longtemps regardée comme bien plus délicate que celle des sels de soude. Cette affirmation se rencontre dans toutes les publications de chimie technologique ; cependant, à part quelques petites particularités, peu importantes, résultant de la volatilisation plus rapide du potassium et de la fusion plus facile du mélange de sulfate, charbon et craie, le travail de transformation du sulfate de potasse est identiquement le même que celui du sulfate de soude ; il se fait maintenant dans le nord de la France, dans deux grandes usines qui produisent par an 3 ou 4 millions de potasse raffinée magnifique comme blancheur, et au titre élevé de 92 et même 94 % de pureté.

Toutes les opérations de la transformation des sels de soude étant suffisamment décrites dans tous les livres spéciaux, nous ne dirons que quelques mots du travail des sels de potasse pour les changer en carbonate (1).

Décomposition du chlorure de potassium. — La transformation du chlorure en sulfate repose sur la décomposition d'équivalents égaux de muriate de potasse et d'acide sulfurique hydraté. La décomposition se fait déjà à une très-faible température après mélange de l'acide et du sel ; l'acide chlorhydrique se dégage en partie, mais la réaction s'arrêterait bientôt si la température ne s'élevait pas, par suite de la tendance de l'acide sulfurique à former du bisulfate. A une température plus élevée le bisulfate se décompose et agit alors sur le chlorure non décomposé. Ces deux réactions peuvent être représentées par les deux formules suivantes :

$$1^{re}\ \text{Période}\quad 2KCl+2SO^3,HO=KO,HO,2SO^3+HCl+KCl$$
$$2^{e}\ \text{Période}\quad KO,HO,2SO^3+KCl=HCl+2KO,SO^3.$$

Dans le travail industriel, ces deux réactions ne sont pas scindées aussi exactement, mais l'acide chlorhydrique se dégage cependant en deux fois : l'une à basse température dans des cuvettes en fonte, l'autre au rouge sur la sole d'un four à réverbère. Le système des fours à moufles qui permet de séparer l'acide chlorhydrique des gaz de la combustion est seul employé. Les figures 15 et 16 donnent deux coupes d'un four à décomposition.

La première phase de la décomposition s'opère dans la cuvette en fonte A ; la seconde dans le moufle B ; un registre C permet de faire passer la charge de la cuvette dans le moufle. La sole est fermée de briques réfractaires très-dures posées sur la voûte des quatre petits carnaux D D′ D″ D‴. Les flammes du foyer F chauffent d'abord la voûte du moufle, plongent au-dessous dans les deux carnaux D″ D‴, reviennent par D et D′ et enfin passent sous la cuvette A

Les gaz sont ainsi complétement séparés de l'acide chlorhydrique qui se dégage par les tuyaux *m et m′* ; il est condensé dans une série de bombonnes terminées par de petites tours en poteries, ou par une grande tour à condensation.

On condense parfaitement tout l'acide chlorhydrique produit par la décomposition en 24 heures de 1,800 à 2,000 kil. chlorure, par la batterie très-économique comme installation représentée par la figure 16 ; elle se compose de deux séries de 10 à 15 bombonnes en grès de 80 à 85 litres et de huit petites colonnes en poterie dont tous les détails sont indiqués sur la planche 2 du texte, page 155.

(1) Hétet (Frédéric), *Chimie*, 2 vol., in-8°, 1300 p., et 174 fig., 12 fr. Paris, E. Lacroix, Éditeur.

Transformation des sulfates en carbonates. — Le sulfate de potasse provenant de la décomposition du chlorure et celui extrait directement des salins de betteraves sont travaillés absolument par le même procédé que le sulfate de soude ; l'équivalent de la potasse n'étant pas le même que celui de la soude, les proportions de charbon et de craie doivent seules varier. Le mélange de ces deux corps avec le sulfate de potasse est chauffé progressivement dans des fours rectangulaires sur différentes soles successives ou superposées, de façon

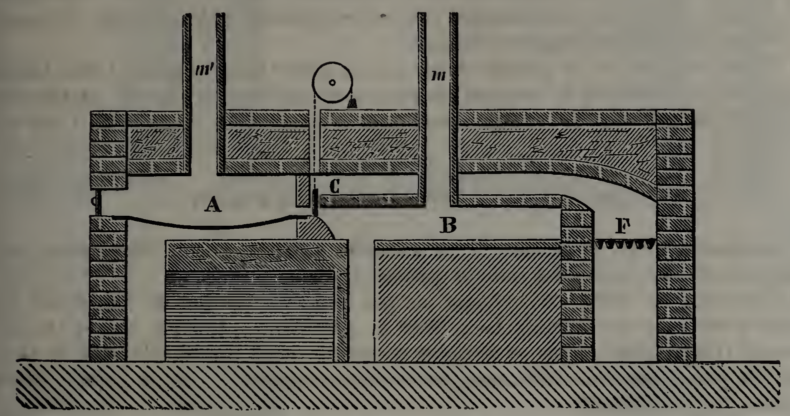


Fig. 15. — Four à décomposition.

que la matière chargée sur la sole la plus éloignée du foyer arrive progressivement poussée par le rable de l'ouvrier cuiseur, jusqu'à celle la plus rapprochée du foyer où la réaction se termine.

Nous n'essayerons pas de discuter par quelle série de réactions diverses passe le mélange des matières, craie, charbon et sulfate, pour fournir le carbonate de potasse ; contentons-nous de rappeler que la théorie de l'oxysulfure de calcium insoluble, proposée par M. Dumas, est complétement abandonnée, et que les travaux récents de MM. Kolb et Scheurer Kestner prouvent que le sulfure de calcium est insoluble dans les lessives alcalines, et qu'il n'est pas besoin, alors, d'imaginer la formation d'oxysulfures. Le résultat de ces travaux tendent à admetre les faits suivants :

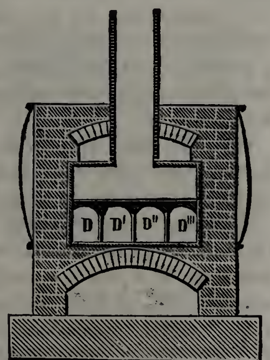


Fig. 16.
Four et décomposition.

1° Le mélange de sulfate de soude ou potasse, de charbon et de craie, donne lieu à une première réaction : le *charbon transforme le sulfate alcalin en sulfure.*

2° Sous l'influence de l'acide carbonique, provenant en partie de la réduction du sulfate alcalin et surtout des gaz du foyer, la réaction finale se produit : c'est-à-dire que le *sulfure alcalin, la chaux et l'acide carbonique donnent du carbonate alcalin et du sulfure de calcium insoluble.*

Cette dernière réaction démontre combien un énergique brassage est indispensable afin que chaque molécule puisse subir le contact de l'acide carbonique. La température la plus convenable à la bonne réussite de l'opération correspond au voisinage de la fusion de l'argent. En général il faut se maintenir entre a fusion du bronze et celle de l'argent. Si on dépasse cette température, le

carbonate de potasse se réduit en présence du charbon en excès et le potassium se volatilise; si on descend en-dessous la réaction n'est pas complète. En marche industrielle c'est donc, dans l'obtention régulière d'une température convenable, que gît la véritable difficulté de la transformation. Cette température doit être moins élevée pour la potasse que pour la soude.

Quand l'opération est terminée, ce que l'on reconnaît au dégagement de jets de plus en plus nombreux de flammes colorées, du sein de la masse pâteuse presque fluide, on retire immédiatement la matière du four; elle est reçue dans des chariots en fer hermétiquement clos, et les pains de potasse brute n'en sont retirés qu'après refroidissement complet.

L'action de l'air sur la potasse brute est en effet très-énergique à une haute température, le sulfure de calcium s'oxyde, se transforme en sulfate, et affaiblit le titre de la potasse, la réaction suivante se passant en contact de l'eau au lessivage :

$$CaO, SO^3 + KO, CO^2 = CaO, CO^2 + KO, SO^3.$$

on comprend alors combien il y a d'intérêt à hâter le refroidissement des pains de potasses brutes à l'abri du contact de l'air.

L'oxydation du sulfure de calcium n'a pas lieu sous l'action de l'air froid, du moins d'une manière sensible. Le sulfure de potassium, s'il existe par suite d'un mauvais travail, peut même se changer en sulfite, mais il est préférable de produire de la potasse non-sulfureuse, et de ne pas exposer à l'air la potasse brute pendant trop longtemps.

En général, le contact de l'air n'est utile que pour hydrater la chaux; cette hydratation en augmente le volume, elle produit dans les pains de larges fissures qui en facilitent le cassage et le broyage ; mais si l'on a bien conduit le travail du four, si l'on a ajouté au mélange des matières, avant la cuite, dans la proportion de un quart pour cent, des charrées de potasses épuisées, les pains sont poreux et friables et le délitage n'est plus nécessaire.

L'épuisement de la potasse brute est une opération importante; car si, comme nous venons de le voir, l'air exerce sur elle une action énergique, l'eau y produit des transformations chimiques considérables qui tendent à la ramener d'une façon plus ou moins rapide vers les matières premières qui ont servi à sa création.

On peut donc dire qu'il ne suffit pas de préparer une potasse riche à l'alcalimètre et qu'il est tout aussi important de la lessiver à propos et convenablement, c'est-à-dire de sauver à temps une richesse aussi fragile.

M. Kolb s'est livré à une série d'expériences fort intéressantes pour déterminer l'action de l'eau sur la soude brute sous des volumes et des températures variables. Il a pris successivement une série d'échantillons de 100 grammes de soude brute, et les a traités par des quantités différentes d'eau (360 *cc*, 1500 cc, 1000 cc, 2000 cc) pendant des temps différents (6 heures, 24 heures, 1 semaine) et à des températures aussi différentes (15°, 40°, 60°), afin d'étudier l'action de chacune de ces variations.

Nous avons recommencé les mêmes expériences pour la potasse brute; nous les consignons dans le tableau (page 156.)

Il ressort clairement des résultats consignés dans ce tableau que la potasse brute doit être lessivée à une température modérée, 40 degrés environ, et dans le moins de temps possible, 48 heures maximum. Si ces précautions ne sont pas observées, la potasse obtenue est très-sulfureuse. La quantité d'eau employée ne semble pas avoir une influence très-marquée, à moins qu'elle ne soit en grand excès.

Détail des pièces.

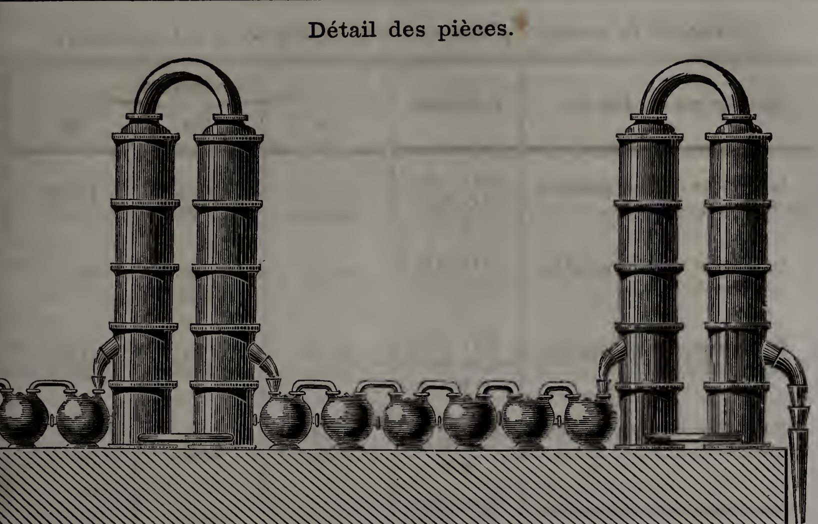
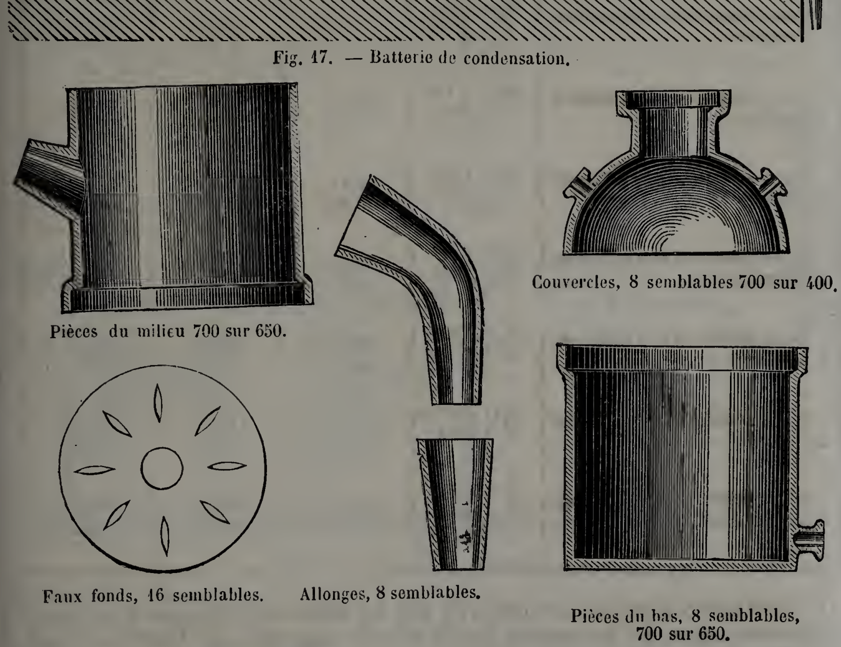


Fig. 17. — Batterie de condensation.



Pièces du milieu 700 sur 650.

Couvercles, 8 semblables 700 sur 400.

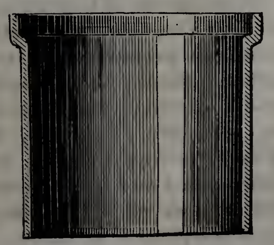
Faux fonds, 16 semblables.

Allonges, 8 semblables.

Pièces du bas, 8 semblables, 700 sur 650.



900 Raccords, 4 semblables.



Pièces du milieu, 24 semblables, 700 sur 650.

Influence de la quantité d'eau, durée de la digestion et température.

POTASSE BRUTE, 100 gr.	ÉLÉMENTS.	TEMPÉRATURE. 15°	40°	60°
Dans 350c.c d'eau pendant 24 heures	KO.CO² KO.HO KS	30.25 traces.	40.62 0.07	46.80 0.15
Dans 350c.c d'eau pendant 1 semaine.	KO.HO KO.CO² KS	39.46 0.30	41.22 0.50	43.12 2.20
Dans 500c.c d'eau pendant 6 heures.	KO.CO² KO.HO KS	38.43 0.10	41.75 0.15	47.22 0.50
Dans 500c.c d'eau pendant 24 heures.	KO.CO² KO.HO KS	35.12 0.25	42.22 0.40	46.31 2.31
Dans 500c.c d'eau pendant 1 semaine.	KO.CO² KO.HO KS	9.22 0.23	43.07 0.70	46.88 4.22
Dans 1000c.c d'eau pendant 6 heures.	KO.CO² KO.HO KS	37.88 0.30	42.27 0.32	49.21 0.65
Dans 1000c.c d'eau pendant 24 heures.	KO.CO² KO.HO KS	36.47 0.29	40.93 0.35	47.91 1.05
Dans 1000c.c d'eau pendant 1 semaine.	KO.CO² KO.HO KS	35.38 0.35	41.63 0.40	46.77 6.90
Dans 2000c.c d'eau pendant 6 heures.	KO.CO² KO.HO KS	38.07 0.25	42.29 0.40	48.72 0.50
Dans 2000c.c d'eau pendant 24 heures	KO.CO² KO.HO KS	37.29 0.36	41.28 0.50	46.41 0.90
Dans 2000c.c d'eau pendant 1 semaine.	KO.CO² KO.HO KS	36.71 0.40	40.95 0.60	45.27 7.80

Le lessivage s'opère dans des cuves en tôle à doubles fonds, comme dans l'épuisement des salins de betteraves, les jus obtenus marquent 22° Baumé environ.

Si le résultat de la transformation donnait du carbonate de potasse pur, il n'y aurait qu'à évaporer immédiatement les jus sortant des filtres d'épuisement, et à calciner le produit solide obtenu, pour avoir la potasse raffinée de transformation. Mais, pratiquement, il n'en est pas ainsi ; outre le carbonate de potasse, les lessives contiennent : de la potasse caustique, des sels non décomposés, chlorures et sulfates, du sulfure de potassium et du sulfure de fer. Ces deux derniers corps, s'ils ne sont éliminés, colorent la potasse raffinée et lui communiquent une teinte jaunâtre qui, sans la rendre impropre aux différents usages auxquels elle s'applique, nuit considérablement à son aspect commercial et par conséquent à sa valeur.

Le sulfure de potassium seul ne produit pas de coloration ; d'autre part le sulfure de fer est insoluble dans les dissolutions alcalines ; il semble donc que la coloration observée n'est pas due à ces deux corps ; mais on trouve bien vite l'explication du phénomène, en sachant que le sulfure double, de fer et de potassium, tout en étant insoluble dans les lessives alcalines, ne se précipite pas immédiatement des dissolutions alcalines dans lesquelles il a pris naissance, il reste au contraire longtemps en suspension sous forme d'une gelée transparente qui colore la lessive en vert ou en jaune brun.

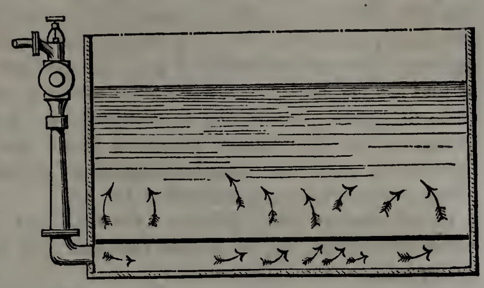


Fig. 18. — Injecteur d'air pour oxyder les lessives de potasse.

Le précipité se forme à la longue dans des liqueurs faibles, et la coloration disparaît ; mais cette décoloration ne s'opère quelquefois qu'après plusieurs jours. Pour activer la précipitation du sulfure, on a proposé pour les soudes divers moyens applicables aussi à la potasse ; les plus employés sont les suivants : injecter de l'air dans la lessive au moyen d'une pompe, ou mieux, d'un aspirateur à jet continu, système Romein, fig 18, afin d'oxyder les sulfures. Ajouter pendant l'évaporation un peu de nitrate de soude, pour changer le sulfure de potassium en sulfate, comme l'indique la formule suivante :

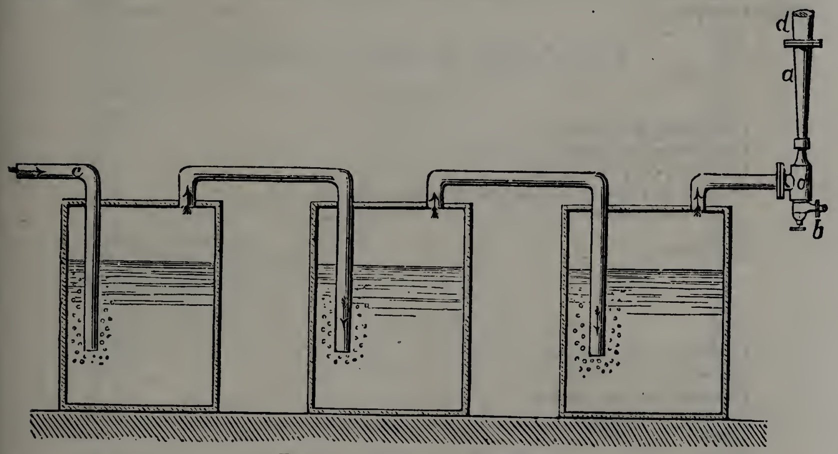


Fig. 19. — Appareil à carbonater.

$$2\,\mathrm{K}s + \mathrm{N}a\,\mathrm{O},\,\mathrm{A}z\,\mathrm{O}^5 + 4\,\mathrm{H}o = 2\,\mathrm{K}o,\,\mathrm{S}o^3 + \mathrm{N}a\,\mathrm{O},\,\mathrm{H}o + \mathrm{A}z\,\mathrm{H}^3$$

Dans ces deux cas, le sulfure double n'existe plus, le fer est changé en peroxyde qui, disséminé dans toute la masse, n'exerce pas de coloration.

Quant à la potasse caustique, on la change en carbonate par la carbonatation ; c'est-à-dire en faisant passer dans les lessives un courant d'acide carbonique provenant soit de la combustion du coke, soit de la décomposition du carbonate de chaux dans un four à chaux fig. 19.

Après le travail d'épuration et de carbonatation, qui peut du reste se faire

en une seule et même opération, car l'acide carbonique peut être mélangé d'air avant de passer dans les lessives; il ne reste plus qu'à évaporer directement jusqu'à 55° Baumé. A ce degré, les jus refroidis abandonnent une grande partie des sels neutres non décomposés. Cette évaporation peut se faire par la vapeur et par multiples effets, bien plus facilement encore que pour les jus provenant du raffinage des salins, puisqu'il ne se dépose pas de sels en quantité appréciable, et que les jus sont concentrés en une seule opération de 22 à 50° Baumé. Par cette méthode l'économie de combustible devient considérable, et nous nous étonnons que les grandes usines du Nord, qui monopolisent à elles seules cette fabrication pour la France, emploient encore pour les évaporations les systèmes primitifs des chaudières à feu nu.

La calcination de la potasse dans les fours à reverbères n'offre rien de particulier et s'opère de la même manière que dans les raffineries de salins de betteraves.

Nous terminerons cette première partie de notre étude sur les potasses raffinées en donnant les analyses des différents types fabriqués communément, ainsi que la composition des différents sels dérivant du raffinage des salins. Toutes ces analyses émanent de M. C. Violette, l'éminent doyen de la Faculté des sciences de Lille, l'un des chimistes les plus compétents pour ces analyses commerciales (1).

Ces analyses peuvent être regardées comme représentant la moyenne des différents types.

Potasse raffinée de salins de betteraves.

TYPE $^{72}/_{75}$.

Carbonate de potasse	74,38
Carbonate de soude	17,10
Chlorure de potassium	5,13
Sulfate de potasse	2,43
Résidu insoluble / Eau / Phosphates	0,96
TOTAL	100,00

TYPE $^{75}/_{80}$.

Carbonate de potasse	77,31
Carbonate de soude	14,34
Chlorure de potassium	3,50
Sulfate de potasse	2,90
Résidu insoluble	0,40
Eau	0,42
Phosphates	1,13
TOTAL	100,00

TYPE $^{80}/_{85}$.

Carbonate de potasse	84,21
Carbonate de soude	8,55
Chlorure de potassium	3,02
Sulfate de potasse	2,20
Résidu insoluble	0,43
Humidité	0,50
Phosphates	1,09
TOTAL	100,00

(1) Violette, *Manipulations chimiques*, 1 vol. in-8, 476 pages, 30 tableaux et 227 fig. Prix 7f,50, Paris, E. LACROIX, Éditeur.

Potasse raffinée de suint.

Carbonate de potasse..	91,94
Carbonate de soude..	1,25
Sulfate de potasse.	2,40
Chlorure de potassium	2,10
Silicate de potasse.	1,51
Résidu insoluble, eau.	0,80
Total.	100,00

Potasse raffinée de transformation.

		1er Échantillon.	2e Échantillon.
Carbonate de potasse.	89,25	93,64	96,02
Carbonate de soude.	2,22	2,11	0,95
Chlorure de potassium.	2,21	0,95	0,09
Sulfate de potasse	4,40	2,22	1,62
Résidu insoluble.	0,92	0,95	0,34
Humidité	1,11	0,48	0,98
Total.	100,00	100,00	100,00

Soude dérivant des raffineries.

Carbonate de soude.	94,00
Carbonate de potasse.	2,00
Chlorure de potassium	2,25
Sulfate de potasse.	0,50
Humidité.	0,50
Insoluble	0,75
Total.	100,00

Sulfate de potasse des raffineries.

Sulfate de potasse.	93,40
Chlorure de potasssium.	1,75
Carbonate de potasse	1,20
Carbonate de soude.	0,90
Matière insoluble	1,40
Humidité.	1,35
Total..	100,00

Chlorure de potassium des raffineries.

Carbonate de potasse.	0,30
Carbonate de soude	0,50
Chlorure de potassium	80,75
Sulfate de potasse.	10.14
Insoluble.	1,21
Humidité.	7,10
Total.	100,00

Salpêtre.

Azotate de potasse.	90,00
Chlorure de potassium	3,00
Chlorure de sodium.	5,00
Humidité et insoluble.	2,00
Total.	100,00

Chlorure de potassium raffinée de Strassfurt analyse du docteur Hugo Schlutz de Magdebourg.

Chlorure de potassium	85,10
Chlorure de sodium	2,25
Chlorure de magnésium	3,75
Sulfate de potasse	1,25
Insoluble	1,20
Humidité	6,45
TOTAL	100,00

FABRICATION DU SALPÊTRE.

La fabrication du salpêtre a subi, comme celle des autres sels de potasse, depuis 20 ans une révolution complète. Jusqu'en 1850 les fabriques de poudre tiraient tout le salpêtre qui leur était nécessaire de l'Inde, du Bengale, de l'île de Ceylan, où il se rencontre à l'état naturel, et surtout des nitrières artificielles, amas considérables de terre poreuse mélangée à des matières organiques azotées et à des bases, la chaux, la marne, le gravois, les cendres, c'est-à-dire dans les conditions nécessaires à la formation du salpêtre. Au bout de quelques années, ces matériaux imprégnés de salpêtre étaient lessivés, les azotates de chaux étaient décomposés par l'addition de sels de potasse et la concentration convenable des eaux de lessivage donnait le nitrate de potasse ou salpêtre. Les installations de ce genre, assez répandues autrefois, entraînaient à des dépenses considérables de main-d'œuvre pour un rendement très-minime. Les nitrières du baron de Vay, en Hongrie, formées d'environ 1,000 pyramides de 4 mètres sur 1 et 2 mètres de hauteur, composées de deux tiers de terre recueillie dans les habitations et d'un tiers de cendres, ne donnent en effet par an que la quantité insignifiante, relativement à l'importance de l'exploitation et aux frais de main-d'œuvre et de concentration, de 150 quintaux de salpêtre.

Ces différentes sources de salpêtre étaient bien peu importantes en présence de la consommation des poudres de guerre qui, malheureusement pour l'humanité, va sans cesse en augmentant. Dès le commencement de la guerre de Crimée, l'attention fut attirée sur le salpêtre du Chili ou azotate de soude, et sur la possibilité de fabriquer économiquement le salpêtre proprement dit, par la transformation en azotate de potasse de cet azotate de soude du Chili, ou plutôt du Pérou, car nous verrons vers la fin de cette étude que le Pérou seul, jusqu'à ce jour, a exploité ses gisements de salpêtre. Cette industrie nouvelle est originaire de Prusse ; elle prit surtout de l'extension après la découverte des chlorures de Strassfürt. En ce moment elle est très-prospère en Allemagne et en Belgique ; la France ne produit pas encore les quantités nécessaires à son gouvernement, elle achète tous les ans des lots importants de salpêtre brut fournis par l'étranger.

La transformation du nitrate du Pérou en azotate de potasse est une opération excessivement simple, quand on emploie le chlorure de potassium. La réaction est très-nette, en pratique, aucune fabrication n'est plus simple et plus régulière ; par l'emploi du carbonate de potasse, la réaction n'est jamais complète, lors même qu'on met en présence des proportions rigoureusement nécessaires. Comme le prix du chlorure de potassium est de beaucoup inférieur à celui du carbonate de potasse, le premier seul est employé ordinairement.

La décomposition s'opère dans des cuves en fer, chauffées à feu nu ou mieux par la vapeur. On dissout l'azotate de soude dans son poids d'eau ou dans une quantité un peu plus grande, à la température voisine de l'ébullition ; on ajoute

alors le chlorure de potassium qui doit être en petits cristaux sans nodules. Ce dernier sel entre bientôt en dissolution et la décomposition s'opère immédiatement. Le chlorure de sodium formé n'étant pas beaucoup plus soluble à chaud qu'à froid, tombe en partie au fond de la chaudière,le reste se précipite par la concentration de la dissolution jusque vers 56° Baumé. Quand le liquide est arrivé à densité convenable, on laisse déposer la chaudière pendant quelques instants et l'on coule la dissolution de salpêtre dans des bacs plats où l'azotate de potasse se sépare par refroidissement, tandis que le chlorure de sodium reste en dissolution. Les cristaux de salpêtre sont lavés à l'eau froide pour les débarrasser des petites quantités de chlorure de sodium, entraînées mécaniquement dans leur précipitation.

Le chlorure de sodium obtenu accessoirement n'a aucune valeur, du moins en France, car, même en payant les droits au fisc, il ne peut être raffiné et livré à l'alimentation. Il est excessivement important de ne pas y laisser de traces de salpêtre ; la manière la plus sûre d'arriver à ce résultat est de le charger dans des filtres en tôle, au nombre de trois ou quatre, et de le soumettre à un lavage méthodique à l'eau chaude, en faisant passer la dissolution du premier sur le second, sur le troisième, puis sur le quatrième ; un aspirateur à jet de vapeur remonte facilement la dissolution d'un filtre sur l'autre et la réchauffe en même temps. Cette dissolution, saturée de chlorure de sodium à la sortie du premier filtre, s'enrichit, en azotate de potasse très-soluble à chaud, sur les trois autres, et rentre en fabrication avec les eaux-mères de la cristallisation du salpêtre. Ce système très-simple donne des résultats excellents en pratique.

Théoriquement, il faut 88 kil. de chlorure de potassium pour décomposer 100 kil, d'azotate de soude ; en pratique, il vaut mieux forcer un peu la dose en chlorure, pour ne pas s'exposer à laisser dans le salpêtre du nitrate de soude d'une valeur assez considérable, et qui n'est pas payé dans les ventes, toujours faites au degré pur d'azotate de potasse.

Le salpêtre ainsi préparé a la composition moyenne suivante :

Azotate de potasse	90.00
Chlorure de potassium	2
Chlorure de sodium	5
Humidité et insoluble	3
	100

Le chlorure de potassium employé en France et même dans l'Europe entière, vient des mines de Strassfürt ; il a sur le chlorure de potassium des salins de betteraves, l'avantage énorme de ne pas contenir de carbonate de soude, et surtout de sulfate de potasse ; ce dernier sel, en effet, doit être changé en chlorure de potassium par le chlorure de calcium, avant d'être décomposé par le nitrate de soude.

Le chlorure des mines de Strassfürt, préparé spécialement pour les fabriques de salpêtre à la composition moyenne suivante :

Chlorure de potassium	85.10
Chlorure de sodium	2.25
Chlorure de magnésium	3.75
Sulfate de potasse	1.20
Insoluble	1.25
Humidité	6.45
	100.00

La fabrication du salpêtre n'est exercée en Erance que par quelques industriels, dont les plus importants sont MM. Alfred Delaunay à Auby, M. Lemarchand,

à Lille ; mais le gouvernement français fabrique lui-même une grande partie du salpêtre brut que ses raffineries consomment. Ainsi la raffinerie de salpêtre de Lille, appartenant à l'État, produit environ un million de kilogr., de salpêtre brut par an; la quantité fabriquée en 1877 a été de 1,436,438 kilogrammes, et, sous l'habile direction de son ingénieur en chef, M. Faucher, cet établissement, admirablement situé, ne peut que prendre une grande extension comme production et raffinage.

Le salpêtre brut n'est pas assez pur pour servir à la fabrication de la poudre il doit subir une épuration qui lui enlève tous les sels étrangers qu'il contient et dont la présence rendrait la poudre hygrométrique et donnerait lieu à des combinaisons de nature à détériorer les armes.

Raffinage du salpêtre.— Raffiner le salpêtre, c'est lui enlever 8 à 10 % de substances étrangères que contient le salpêtre brut. Ces substances sont en grande partie de l'eau, puis des chlorures de sodium et de potassium, des matières organiques et insolubles. En France le raffinage des salpêtres est fait par l'État dans des établissements spéciaux qu'on appelle *raffineries;* ces dernières expédient le salpêtre raffiné aux *poudreries*. Le salpêtre ne doit pas contenir plus de $\frac{1}{3,000}$ de chlorure ; en pratique, on arrive facilement du reste à une pureté plus grande encore, car la proportion de chlorure peut descendre à $\frac{1}{18,000}$, c'est-à-dire à une fraction insignifiante.

La raffinerie nationale de Lille est la plus importante des établissements de ce genre ; nous empruntons les détails sur les procédés de raffinage, les appareils et la disposition générale adoptée, à un mémoire de M. H. Violette, son ancien directeur fondateur. Cette usine peut servir de type : elle occupe un terrain dont la superficie est à peu près d'un hectare. Elle comprend : 1° de grands magasins contenant 3,000,000 de kilogrammes de salpêtre brut; 2° des ateliers suffisants au raffinage annuel de 3,000,000 kilogrammes de salpêtre; 3° un magasin pouvant contenir 200,000 kilogrammes de salpêtre raffiné; 4° une tonnellerie fournissant annuellement 12,000 barils pour l'emballage; 5° des magasins considérables pour merrains et cercles ; 6° les bâtiments réservés à l'administration.

Voici en quelques mots les opérations principales du raffinage : Le salpêtre brut est d'abord lavé dans de grands bassins plats, avec de l'eau saturée de salpêtre et provenant d'opérations antérieures. Cette eau dissout toutes les substances étrangères, Le salpêtre ainsi lavé et égoutté, est dissous à chaud dans de grandes chaudières coniques avec de l'eau pluviale ; on le brasse avec un peu de solution gélatineuse qui rassemble les matières solides étrangères, cendres, sable, ordures ; on les sépare sous forme d'écumes épaisses nageant à la surface, qu'on enlève à l'écumoire. La solution salpêtrée, ainsi purifiée, est décantée dans un large bassin dit *cristallisoir* ; elle y est agitée sans cesse et laisse déposer, par refroidissement sous forme neigeuse, tout le salpêtre qu'elle contenait. Celui-ci est porté dans de grandes caisses en bois où il s'égoutte, puis il subit un véritable claircage à l'aide d'arrosages successifs à l'eau salpêtrée et pure ; ce lavage prive le salpêtre de son eau de cristallisation et le purifie complétement. Il reste à le sécher dans de grands bassins chauffés à feu nu, puis à le mettre en barils et à l'expédier dans les poudreries. Le salpêtre ainsi raffiné ne contient ordinairement que $\frac{1}{18,000}$ de son poids en chlorure ; cette extrême pureté assure la longue conservation de la poudre.

Les eaux qui ont successivement servi au raffinage du salpêtre sont évaporées

dans de grandes chaudières où elles abandonnent par précipitation le sel marin qu'elles contiennent ; elles sont ensuite décantées dans de grands bassins, où, par refroidissement et par agitation, elles déposent le salpêtre qui se forme en menus cristaux. Ce salpêtre est mélangé au salpêtre brut, et traité ultérieurement comme ce dernier.

Le transport du salpêtre s'opère dans des mannes en osier doublées en toile, contenant environ 80 kilogrammes et chargées sur des wagons dont la figure 3 planche I donne le modèle.

Le lavage du salpêtre brut se fait dans les cristallisoirs (§ 4, pl. I donnant le plan de la raffinerie de Lille) ; après cette première épuration il est égoutté, puis dissous complétement avec l'eau de pluie dans les chaudières 9,9,9. Après collage, la liqueur est décantée dans le cristallisoir ; le salpêtre précipité, mis dans les caisses 19, est lavé avec une dissolution de salpêtre pur, par l'entonnoir mobile, figure 2, planche I. Il ne reste plus qu'à le sécher dans les bassins 23, à le faire refroidir dans les cuves 25, puis à l'emballer et à le peser.

On trouvera au plan général, planche I, la disposition et l'agencement de tout le matériel.

Légende de la pl. I.

Fig. 2. — Plan général, qui comprend l'emplacement des bâtiments et celui des appareils.

1° Batiments : A. Entrée de l'établissement, B. Loge du concierge, C. Bureaux, D. Logements, D' Cours des logements, E. Grands magasins pour cercles et merrains, F. Magasin pour 1,200,000 kil., salpêtre brut, F'. Magasin pour 1,200,000 kil., salpêtre brut, G. Laboratoire (avec cave), H. Atelier des chaudières et cristallisoirs (avec cave), I. Atelier des caisses de lavage, K. Atelier des séchoirs, L. Enfonçage, E. Magasin pour 200,000 kil., salpêtre raffiné, N. Tonnellerie, O. Petit magasin pour cercles et merrains, P. Magasin pour 700,000 kil., charbon de terre, Q. Latrines, R. Grande cheminée pour tous les foyers (diam. 1^m,20; haut. 30 mètres), S. Atelier de lessivage des poudres et dépôts des sels, T. Réfectoire des ouvriers et réservoirs d'eau à l'étage, U. Citerne contenant 2;000 hectolitres d'eau pluviale, V. Dépôt, X. Parterres, Y. Chemins de fer, Z. Cours pavées.

2° Appareils : 1 Balance pour réception de salpêtre brut, 2 Bureau d'inscription pour réception de salpêtre brut, 3 Wagons transportant le salpêtre brut des magasins F, F' aux cristallisoirs de lavage (5), 4 Cristallisoir pour cuites, 5 Deux cristallisoirs pour le lavage du salpêtre brut, 6 Wagons pour transporter le salpêtre aux chaudières de raffinage (9), 7 Cristallisoir pour raffinage, 8 Trois chaudières pour cuites, 9 Trois chaudières pour raffinage, 10 Une petite chaudière pour dissoudre la colle, 11 Récipient distributeur des eaux, 12 Pompe servant à élever les eaux surnageantes des raffinages, 13 Pompes servant à élever les eaux qui ont lavé le salpêtre brut, 14 Pompe servant à élever les eaux qui ont servi à l'arrosage du salpêtre dans les caisses (19), 15 Trois chaudières recevant, comme récipients, dans la cave les eaux de lavage, raffinage et arrosage, 16 Un bassin à eau pure pour alimenter les chaudières de raffinage (9), 17 Trois bassins contenant les eaux saturées pour l'alimentation des chaudières de cuites (8), 18 Wagon servant à transporter le salpêtre du cristallisoir (7) aux caisses de lavage (19), Dix-huit caisses de lavage, 20 Arrosoir mécanique sur wagon, 21 Rigoles amenant les eaux saturées aux cristallisoirs (4) (5) (7) aux bassins (17), etc., etc., 22 Deux wagons servant à transporter le salpêtre des caisses de lavage aux séchoirs (23), 23 Deux bassins de séchage ou séchoirs, 24 Wagons servant à transporter le salpêtre sec des séchoirs aux caisses de refroidissement (25), 25 Deux caisses de refroidissement pour le salpêtre retiré de sechoirs, 26 Balance pour peser le salpêtre sec, 27 Barillages pleins de salpêtre raffiné, 28 Barillages vides prêts à être employés, 29 Wagons servant à transporter les barillages vides à l'enfonçage (L), 30 Caisse en plomb contenant l'acide chlorhydrique nécessaire à la saturation des eaux, 31 Wagons pour le transport du charbon, des cercles et des merrains, 32 Trois chaudières ou récipients servant au lessivage à froid des poudres avariées, 33 Pompe servant à élever les eaux des citernes (U) dans le réservoir supérieur (34), 34 Réservoir d'eau pluviale contenant 120 hectolitres, 35 Puits foré, 36 Pompe servant à élever l'eau du puits (35) dans le réservoir supérieur (37), 37 Réservoir d'eau de puits contenant 120 hectolitres, 38 Tubes en plomb établissant la communication souterraine entre les réservoirs (34) (37) et le distributeur d'eau dans les ateliers (11), 39 Carneau de fumée entre la cheminée (R) et les foyers des chaudières (8) (9), 40 Carneau de fumée entre la cheminée (R) et les foyers de

séchoirs (23), 41 Tuyau d'aspiration de la pompe (33) plongeant dans la citerne (U), 42 Bassin servant au trempage des cercles, alimenté par les réservoirs (34 et 37) à l'aide d'un tuyau de communication, 43 Prise d'eau communiquant par tuyau souterrain avec les réservoirs (35 et 37) pour alimenter la pompe à incendie.

La fig. 7 planche IV donne une coupe verticale passant par les chaudières de raffinage et de cuite. Cette coupe nous dispense d'entrer dans les détails de description.

Nous terminerons ici la première partie de notre étude sur les sels de potasse, nous pensons que par les nombreux renseignements inédits, contenus dans ce travail, et par l'aspect général des diverses sources pouvant fournir industriellement des sels de potasse nous aurons donc une idée complète et suffisante des transformations incessantes de l'industrie qui nous occupe, en raison des conditions variables du marché. L'importance de cette industrie était à peine soupçonnée par tous les auteurs des ouvrages de chimie, parce que jamais aucune étude d'ensemble n'en avait été faite. Elle subit en ce moment une crise des plus graves.

Nous aurons dans la seconde partie de cet article à étudier quels sont les moyens à employer, les nouvelles transformations à opérer pour lui rendre une partie de sa splendeur passée.

DEUXIÈME PARTIE

SOMMAIRE.

Examen de la situation actuelle de l'industrie des sels de potasse, de l'iode, du nitrate de soude. — Visite à l'Exposition. — Améliorations proposées.

Après avoir examiné les diverses sources de potasse et avoir décrit rapidement les procédés de fabrication employés pour leur préparation et leur raffinage, il nous reste à étudier la situation actuelle et l'avenir de ces industries, à les suivre à l'Exposition, à signaler les méthodes nouvelles que l'ensemble de cette étude nous a suggéré et les appareils perfectionnés que nous avons rencontrés dans l'enceinte du Champ-de-Mars.

Pour bien apprécier la situation des produits qui nous occupent, il nous manque un élément principal de comparaison, c'est l'exposition de la fabrication allemande. Puisque nos rancuniers voisins n'ont pas cru devoir accepter le tournoi pacifique que nous offrons aux différentes branches de l'industrie du monde entier, nous devrons suppléer par nos renseignements personnels aux documents nombreux que nous aurait apporter leur participation.

C'est qu'en effet les Allemands visent de plus en plus à accaparer pour eux seuls, le monopole de la fabrication des potasses; la lutte de production est désormais circonscrite entre les potasse de betteraves et de suint, qui ont une importance considérable en France, et la potasse de transformation des sels de Strassfürt en Allemagne.

Avant d'aborder la revue générale de la production des potasses, disons immédiatement quelques mots des chlorures de potassium naturels de Prusse, puisque nous n'aurons pas l'occasion de les rencontrer à notre visite à l'Exposition.

SELS DE POTASSE DE STRASSFURT.

Il existe à Strassfürt près Magdebourg en Prusse, un gisement de sel d'un grand intérêt pour la science et pour l'industrie; il commença d'être exploré vers 1839 et ne fut en exploitation régulière qu'en 1856. Les couches supérieures ont une composition complétement différente des dépôts et des sels ordinaires, et la véritable couche de sel gemme ne se trouve qu'à une profondeur assez considérable qui varie entre 150 et 256 mètres suivant la position des puits d'extraction. En analysant les différentes couches, on retrouve tous les sels que renferment les marais salants, on peut donc supposer que cet immense dépôt n'est que le résultat de l'évaporation d'une dissolution d'eau de mer; le sel pur se serait déposé à la partie inférieure, les couches supérieures proviendraient des eaux-mères; la nature aurait opéré, sur une échelle colossale, les réactions multiples, que Balard faisait intervenir dans ses marais salants pour en extraire des sels divers. On retrouve en effet dans les couches supérieures tous les sels des eaux

mères des marais salants: Le chlorure de potassium, le sulfate de potasse et de soude, le chlorure de magnésium et enfin le sulfate de magnésie; pour compléter l'analogie, n'oublions pas de signaler le brôme que l'analyse accuse en quantité très-appréciable.

Ce n'est que vers 1861 que l'on a cherché à utiliser les sels de déblais des couches supérieures pour en extraire le chlorure de potassium. Ces couches supérieures sont appelées *Abraumzalz* et cette désignation a été étendue aux sels analogues découverts récemment depuis sur d'autres points (Galicie, Indes-Orientales, etc).

La fig. 20 représente une couche du gisement de Strassfürt, la couche supérieure A forme un banc très-puissant de grès bigarré, les trois couches intermédiaires constituent les sels de déblais ou *abraumzalz*; la couche inférieure E renferme le véritable gisement de sel gemme pur et exploité. Les trois couches des sels de déblais reçoivent des dénominations différentes suivant leur composition,

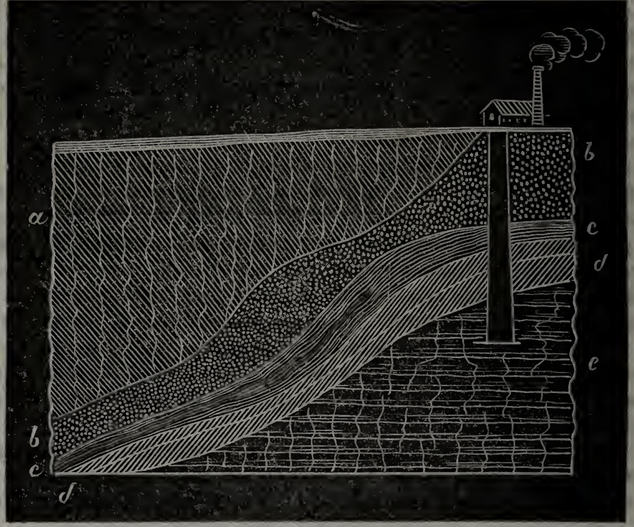


Fig. 20. — Gisement de Strassfurt.

bien que cependant elles ne soient pas délimitées d'une façon aussi nette que l'indique la figure :

1° La région B est dite de la *Carnalite*, parcequ'elle renferme en abondance ce minéral ou chlorure double de magnésium et de potassium dont la formule est la suivante : $KCl + 2MgCl + 12HO$; c'est l'élément dominant avec le sel gemme; elle renferme aussi du sulfate de magnésie et du chlorure double de magnésium et de potassium. Cette couche est seule exploitée pour en extraire le chlorure de potassium, son épaisseur varie entre 22 et 30 mètres.

2° La région C, est dite de *Kieiserite* ou sulfate de magnésie ($MgO, SO^3 + HO$), elle contient 65 % de sel gemme.

3° La région D, est dite de la *Polyhalite*, ou mélange de sulfate de chaux de potasse et de magnésie ($CaO, 2SO^3 + MgO, SO^3 + KO, SO^3 + 12HO$); la proportion de ce minéral n'est que de 7 % environ le reste est constitué par du sel gemme.

Voici la composition approximative des diverses couches des sels de déblais

CARNALITE.

Sel gemme	25 %
Sulfate de magnésie	16
Chlorure de magnésium	4
Chlorure double de potassium et de magnésium	55
	100

KIESERITE.

Sel gemme	67
Sulfate de magnésie	17
Chlorure de magnésium	3
Chlorure double de potassium et de magnésium	13
	100

POLYHALITE.

Sel gemme	81
Sulfate de magnésie	7.50
Sulfate de chaux, magnésie et potasse	11.50
	100.00

L'exploitation des sels de déblais a pris depuis 1865 une importance considérable, plus de 30 usines se livrent exclusivement à la séparation du chlorure de potassium et peuvent produire des quantités pour ainsi dire illimitées.

Le travail de la séparation du chlorure de potassium de la carnalite présente de grandes difficultés, parce que les différents sels que cette région contient, ne présentent pas des différences de solubilité bien marquées.

Grüneberg, dans le but de préparer un produit brut plus riche en potasse, avait proposé de soumettre les produits sortant de la mine à une action mécanique fondée sur les différences de densité que présente la carnalite sur les autres sels.

En effet, le tableau suivant accuse des différences de densité considérables.

Carnalite	1.705
Sel gemme	2.125
Kieserite	2.611
Polyhalite	2.914

La séparation mécanique s'exécutait par un lavage des matières dans une dissolution concentrée de chlorure de sodium, les différents sels se déposaient alors en couches successives, et la supérieure contenait un produit très-riche en potasse.

Cependant cette méthode est à peu près abandonnée et les différentes usines se contentent de dissoudre la matière telle qu'elle est livrée par les mines; ils séparent les différents sels par des cristallisations et évaporations successives.

Le chlorure de potassium est en effet bien plus soluble à chaud que le chlorure de sodium, de sorte que, par refroidissement, la plus grande partie du premier sel se dépose. De plus, le chlorure de magnésium, que la carnalite contient, a la propriété de s'unir au chlorure de potassium qui se précipite aussi par refroidissement sous forme de sel double, en résumé, l'eau mère contient très-peu de chlorure de potassium.

Le travail d'extraction consiste donc à dissoudre les sels de déblais, dans une cuve munie d'un faux-fond, à la vapeur, à l'air libre, ou sans pression, de manière à obtenir des dissolutions concentrées à 33 ou 34° Baumé. Par refroidissement cette dissolution abandonne du chlorure de potassium mélangé avec

du chlorure de sodium. La dissolution évaporée à nouveau donne encore un dépôt de chlorure de potassium.

Par une troisième concentration, il se précipite à chaud pendant l'ébullition du sulfate de magnésie et par refroidissement un abondant dépôt de carnalite artificielle ou chlorure double de magnésium et de potassium. Ce sel fondu séparément tient en dissolution le sel de magnésie et abondonne à froid celui de potasse. Les sels de potassium inférieurs sont refondus à nouveau, pour les épurer du chlorure de sodium qu'ils contiennent; en résumé on obtient différentes qualités dont voici les analyses.

CHLORURE POUR ENGRAIS.

Chlorure de potassium	73.25
Chlorure de sodium	10.48
Chlorure de magnésium	2.93
Sulfate de potasse	4.82
Eau, pertes, etc.	8.52
	100.00

CHLORURE POUR LES FABRIQUES DE SALPÊTRE.

Chlorure de potassium	85.92
Chlorure de sodium	3.22
Sulfate de potasse	0.63
Chlorure de magnésium	2.02
Eau, pertes, etc	8.21
	100.00

CHLORURE PUR POUR LA TRANSFORMATION.

Chlorure de potassium	92.40
Sulfate de potasse	0.53
Chlorure de sodium	1.22
Chlorure de magnésium	0.80
Eau, pertes, etc	5.05
	100.00

La préparation du sulfate de potasse et du carbonate, par le procédé Leblanc, ne présente pas d'avantages pour les mines de Strassfürt; par suite de la position de cette localité, on se trouverait dans des conditions peu économiques pour opérer la décomposition du chlorure par l'acide sulfurique et la transformation du sulfate en carbonate par la chaux et le charbon. Les chlorures doivent donc s'expédier dans les pays, qui, par situation, peuvent se livrer à cette industrie. Dans ces conditions mêmes, les sels des Abraumzalzes ont amené une baisse énorme sur tous les sels de potasse. Plusieurs industries françaises, devant cette concurrence redoutable sont presque complètement paralysées, comme nous le verrons plus loin; l'extraction des potasses des vinasses et des laines est cruellement atteinte et ne peut se soutenir que par des sacrifices énormes causés par une baisse générale de tous les produits.

Toutefois à cause de la main-d'œuvre considérable que les sels de déblais doivent supporter dans les manipulations nombreuses et les réactions différentes qu'ils subissent avant d'arriver à l'état de carbonate, la fabrication française des potasses de betteraves et de suint peut lutter sinon avec avantage, du moins à armes égales; mais la moindre simplification dans le travail des sels de déblais ruinerait notre industrie.

Nous avons pu remarquer que les sels bruts de Strassfürt contiennent une proportion assez forte de sulfate de magnésie. Prendre l'acide sulfurique à cette dernière base pour le fixer à la potasse ne semble pas impossible, on obtiendrait alors directement du sulfate de potasse; cette décomposition se fait déjà du reste, industriellement dans les usines de la Société Vorster et Gruneberg à Cologne; mais ce procédé tenu secret n'est pas, croyons-nous, complétement pratique, car la maison que nous citons fait tous les jours des achats considérables de sulfate en France à des prix relativement élevés,

Le véritable problème à résoudre serait de précipiter directement la potasse de la dissolution des sels de déblais à l'état d'alcali, comme le procédé Solvay précipite la soude par l'ammoniaque de la dissolution du sel marin. La même réaction pour la potasse est loin de donner un bon résultat, car le bicarbonate de potasse est encore fort soluble, mais d'autres réactions analogues pourraient être employées; cette question est étudiée par nous en ce moment, nous la signalons aux chimistes industriels, elle est digne de leur attention et de leurs travaux; un procédé qui livrerait la potasse à bon marché aurait de grandes chances de succès. (1)

Nous pouvons maintenant examiner l'état plus ou moins prospère des diverses fabrications de potasses signalées précédemment; nous aurons malheureusement toujours à constater l'influence des sels de Strassfürt sur leur prospérité; heureux, quand nous n'aurons pas à enregistrer leur destruction complète.

Potasse extraite des cendres.

Cette fabrication tend de plus en plus à disparaître, elle n'existe plus en France et en Belgique. Elle ne reste qu'à l'état de souvenir en Allemagne, et la Russie elle-même, ainsi que l'Amérique, achète déjà quelques lots de nos belles potasses indigènes, au titre de 92 % de pureté.

La Russie et l'Amérique produisent cependant encore de grandes quantités de potasse (extraite des cendres); on peut estimer la production des deux pays à 10 millions de kilogrammes qui alimentent les besoins de l'industrie européenne, concurremment avec les potasses d'autres provenances, dans les proportions suivantes: 50 % en Angleterre, 50 % en Autriche, 30 % en Hollande, 20 % en Allemagne; la France, la Belgique et l'Italie n'en consomment plus, sinon pour le détail de la droguerie, dernier refuge de la routine.

L'extraction des potasses des cendres, tendra sans cesse à diminuer et finira même par disparaître, non pas seulement devant la concurrence des autres produits, mais devant les progrès de la civilisation.

Quand la Russie sera sillonnée de voies ferrées et de chemins de communications, quand ses bois seront régulièrement exploités pour la charpente et le combustible, il n'y aura plus place pour le brûleur des forêts, et les brindilles et broussailles, qu'il pourra encore trouver, ne couvriront plus que difficilement ses frais de fabrication, et ne pourront donner lieu qu'à de petites industries locales.

Il y a 30 ans, la potasse des cendres alimentait les besoins du monde entier; à la fin de ce siècle, elle aura probablement disparu, du moins sur le marché européen!

(1) La société anonyme de Croix vient de prendre un brevet pour la décomposition directe du chlorure en carbonate par l'intermédiaire d'un ammoniaque composé extrait des vinasses.

Visite à l'Exposition. — Certains échantillons figurent cependant à l'Exposition. Nous en avons remarqué quelques types, très-beaux, dans l'exposition collective de la Hongrie, de la Moravie, et dans la vitrine de M. Michailof fabricant de produits chimiques à Moscou. L'Autriche, toutefois, ne tardera pas à employer d'une façon générale la potasse de betteraves, car non seulement les cristalleries de Bohême achètent depuis longtemps les produits français ou allemands, mais l'Exposition nous démontre que la fabrication elle-même de la potasse de betteraves s'implante dans ce pays. Nous rencontrons en effet, comme exposant spécialement les potasses de betteraves : MM. Anthon de Naszod, Besztereze de Transylvanie, et MM. Brosche et fils de Prague.

D'après des renseignements dignes de toute confiance, le prix actuel du kilog. de carbonate pur, en Russie, est de 55 centimes minimum; comme nous le verrons plus loin, le prix moyen en France, de la potasse de betterave, a été de 46 centimes en 1878; il ressort de la comparaison de ces deux prix, que non-seulement la Russie ne peut plus vendre chez nous, mais que nous pouvons même envoyer nos produits chez elle.

Sels de potasse extraits des eaux de mer.

Cette industrie, nous l'avons déjà constaté dans la première partie de cette étude, est à peu près morte, comme production de potasse; devant la concurrence de Strassfürt, elle ne peut plus produire que des sels impurs pour engrais. Au lieu d'épurer convenablement le chlorure de potassium, on se contente, dans les marais salants, de vendre le chlorure à 60 % de pureté, et encore cette fabrication ne peut être qu'essentiellement locale et destinée à la culture de la vigne; s'il fallait expédier au loin ces sels impurs, malgré la faible dépense qu'occasionne leur préparation, ils ne pourraient lutter contre les produits allemands.

Visite à l'Exposition. — C'est en effet comme engrais que nous voyons le chlorure de potassium, à 60 % de pureté, figurer parmi les produits exposés des Salines du Midi. Nous avons remarqué, dans cette même exposition, le chlorure double de potassium et de magnésium pour engrais; ce produit doit être peu avantageux, car les sels de magnésie nuisent à la végétation; c'est pour cette raison que les sels bruts allemands ne peuvent être utilisés directement pour cet usage. Voici la composition du produit à 60 % de chlorure :

Chlorure de potassium	60
Chlorure de sodium	30
Chlorure de magnésium	4.60
Eau pertes et autres sels	5.40
	100.00

D'après le rapport de M. Faucher ingénieur en chef des poudres et salpêtres, déjà cité, l'ancienne Société Merle et Cie, actuellement A.-R. Pechineg et Cie, s'est installée dans les usines de Salindres (Gard), pour faire 2000 tonnes de chlorure de potassium destiné à fertiliser la vigne, et cette maison espérait doubler sa production; mais il ne faut pas oublier qu'en 1877 le chlorure valait encore 22 fr. les cent kilog. pur, tandis qu'actuellement il ne vaut pas plus que 13.50 à 14 francs maximum. A ce dernier prix, il nous semble qu'il est bien difficile d'extraire, avec bénéfice, les sels de potasse des marais salants. Pour nous l'industrie dont nous nous occupons a perdu toute son importance et disparaîtra bientôt totalement. Il ne faut pas oublier, en effet, que le sulfate

de potasse et le sulfate de soude, deux produits importants du traitement des eaux-mères, ont diminué de valeur; le procédé Solvay, précipitant la soude directement du chlorure, ne peut qu'accentuer, quand il se sera généralisé, l'avilissement des prix pour le sulfate de soude, dont l'emploi sera désormais restreint à la fabrication du verre.

Après ce rapide examen d'une industrie née depuis quelques années seulement et déjà presque éteinte, bien que découlant d'une des plus belles conceptions de notre siècle, nous allons aborder l'étude des sels de Varechs et de l'Iode. La fabrication de ces produits est aussi bien éprouvée, mais avant de disparaître elle résiste avec énergie et se cramponne à toutes les planches de salut qu'elle entrevoit; à force d'efforts et de travail elle finira peut-être par se transformer et revoir encore des jours de prospérité.

Sels des varechs-iode.

Situation économique actuelle. — L'industrie de l'iode extrait de la soude de varechs, qui se présentait si prospère à l'Exposition de 1867, a subi, depuis 1872, de tels avilissements dans les cours de ses produits (le prix du kilogramme a successivement baissé de 97 francs, cours de 1871-72, à 20 francs fin 1876) que nous pouvons affirmer qu'elle est de toutes nos industries chimiques nationales, celle qui a été le plus atteinte par la concurrence étrangère.

Jusque vers 1865, les 2 millions de chlorure de potassium extraits des varechs se vendaient 40 et 50 francs les cent kilogrammes, mais sous la pression de la concurrence allemande, les prix descendirent bientôt à 30 francs, à 25 francs et enfin à 20 francs en 1870. Cette baisse de 30 francs constituait pour les fabricants d'iode, au nombre de 12 environ, une perte de 600,000 francs, sans compter la dépréciation qu'avaient subi, à leur tour, les 700,000 kilog. de sulfate de potasse, qu'ils produisent annuellement.

La matière première pouvant difficilement baisser, puisqu'elle ne représente en définitive que la main-d'œuvre nécessaire pour recueillir les varechs, les fabricants cherchèrent à retrouver leurs bénéfices dans l'augmentation du prix de l'iode, comme nous l'avons déjà signalé dans la première partie de notre étude. C'est alors que nous voyons apparaître l'Union des fabricants d'iode, 28 mars 1870 qui comprenait les 8 fabriques suivantes :

MM. Tissier aîné, au Conquet (près Brest).
Theroulde et Cie, à Granville (Manche).
Cournerie et Cie, à Cherbourg (Manche).
Paisant et Cie, à Pont-Labbé (Finistère).
Morio, à Vannes (Morbihan).
Launay et Pellieux-Kerkuon (près Brest).
Mineur, à Tregnier (Côtes-du-Nord).
Lagloahée et fils, à St-Pierre-Quiberan (Morbihon).

Ces diverses fabriques devaient se partager les 7,200 tonnes de soude brute, et s'engageaient à ne vendre l'iode qu'à un prix débattu et adopté en assemblée générale de l'Union. En dehors de l'Union il n'était resté que quelques fabriques qui, depuis, n'ont eut du reste qu'une existence très-précaire.

Cette association d'intérêts en monopolisant l'iode, lui fit atteindre des prix très-élevés, nous le voyons à 100 francs le kilogramme après la paix (guerre de 1870-71); dans ces conditions, les membres de l'Union durent faire des bénéfices énormes, puisque actuellement au cours de 30 francs le kilogramme les fabri-

ques peuvent encore travailler. Or en calculant sur une production annuelle de 40,000 kilogr. d'iode, la différence de cours de 70 francs représente près de 3 millions, qui ont dû se répartir comme bénéfice entre les membres de l'Union; ce joli dividende devrait faire entrevoir, pour les anciens fabricants, la situation future sous de moins sombres couleurs; nous ne sommes pas étonné que, malgré leurs doléances, l'administration, s'inspirant uniquement de l'intérêt général du pays, n'encourage pas le gouvernement à leur accorder des droits protecteurs élevés à l'entrée de l'iode en France, dans le projet de loi relatif à l'établissement du tarif général des douanes.

Il est possible qu'un régime protectionniste soit nécessaire pour sauver cette industrie dans les conditions de fabrication actuelle; mais il faut voir si le haut prix de l'iode ne lèse pas d'autres industries aussi intéressantes, si le droit protecteur demandé empêcherait la concurrence étrangère, et si, en définitif, il n'est pas plus profitable, au point de vue général, d'obliger la fabrication des sels de varechs à se transformer, à retirer l'iode par des procédés plus économiques en abandonnant à l'agriculture, sans épuration, les sels de potasse qui ne peuvent trouver d'autres débouchés plus rénumérateurs. Cette question est étudiée avec compétence dans le rapport au ministre de la guerre, de M. Faucher, ingénieur en chef des poudres et salpêtres de Lille; rapport motivé par une pétition (20 mars 1876) des fabricants d'iode qui, après avoir exposé l'état déplorable de leur industrie, demandaient comme protection de l'entrée en France: 10 francs de droits par kilogramme, pour l'iode, et 8 francs pour l'iodure de potassium; 10 francs aussi pour le brôme avec 7 francs 15 pour le brômure de potassium. Les intéressés faisaient observer : que les varechs pouvaient produire près de 2 millions de kilogrammes de muriate de potasse, qui pouvaient être exclusivement affectés à la fabrication du salpêtre: leur industrie cessant, la France, disaient-ils, se trouverait, pour ce produit, à la merci de nos bons amis les Prussiens, qui, en cas de guerre générale, ne manqueraient pas de le frapper de décrets prohibitifs à l'entrée en France, comme ils l'ont fait du reste en 1872; le gouvernement avait donc tout intérêt à encourager une industrie qui pouvait, si à propos, servir les intérêts de la défense nationale.

En ce moment l'iode paye bien 6 francs à l'entrée en France, venant de toutes les nations, mais à l'exception de l'Angleterre ; or, ce droit ne signifie absolument rien, car le pays producteur, le Pérou, expédie son produit en Angleterre, et sous le couvert du traité particulier que nous avons avec cette nation il entre en France sans payer de droits.

M. Faucher établit d'abord que la spéculation de l'iode a créé la crise de l'iode, de plus que le droit de 10 francs réclamé n'aurait pas la puissance de résurrection que lui assignent les intéressés.

En effet non-seulement l'iode s'emploie en médecine, mais il trouvait un emploi important dans la fabrication des hydrocarbures iodés, pour la préparation des couleurs d'anilines. Or la spéculation faisant atteindre à l'iode le prix de 100 francs, l'industrie des couleurs d'aniline a été amenée à le remplacer par le brôme; elle y est arrivée pour le bleu, le violet et le noir.

Si donc l'industrie des soudes ne trouve plus à vendre son iode, cela résulte du manque de débouchés provoqué par la spéculation, plutôt que de la concurrence péruvienne.

Cette affirmation est démontrée par le tableau suivant des importations et exportations de l'iode de 1869 à 1877.

	IMPORTATIONS.			EXPORTATIONS.		
Années.	Iode brut.	Iode raffiné.	Iodure.	Iode brut.	Iode raffiné.	Iodure.
1869	14.607	25	3.477	772	7.556	35.286
1870	14.806	146	5.253	121	4.297	30.744
1871	388	58	3.208	771	4.055	14.795
1872	3.562	»	8.666	3.724	1.945	19.262
1873	7.935	18.419	7.616	3.223	4.290	37.813
1874	18.722	1.039	4.730	3.116	1.286	32.554
1875	15.369	8	6.014	287	20.681	21.825
1876	20.174	»	4.517	1.715	5.364	27.314
1877	7.216	94	21.083	816	1.307	39.939

Nous pouvons remarquer que l'importation était très-forte en 1873, époque de pleine prospérité pour l'Union; elle diminue au contraire en 1877; cette même année, l'exportation atteint son maximum en iodure de potassium; c'est donc, nous le répétons, plutôt le manque de débouchés que la concurrence étrangère, qui paralyse l'industrie des sels de varechs.

Les fabricants d'iode ne paraissent pas non plus bien au courant de la situation, et bien d'accord sur la puissance productive du Pérou; les uns la présentent comme illimitée, les autres lui assignent comme fabrication un maximum de 40,000 kil. par an.

D'après M. J. Pellieux, l'un des chauvins défenseurs de l'industrie des varechs, le Chili ne peut jamais prétendre subvenir complétement aux besoins de la consommation de l'iode dans le monde entier. Sa production est limitée à 30 ou 35,000 kilogrammes par an et son prix de revient est d'au moins 18 à 19 francs par kilogramme. Il faudrait évaluer, dit-il, à 18,000 kilogrammes au moins la quantité brute de terre en traitement nécessaire à l'obtention d'un kilogramme d'iodate de soude, ne renfermant par le fait que 641 grammes d'iode. Or, étant donné la faible solubilité de l'iodate de soude, sa présence infinitésimale dans la matière première, et le peu de temps pendant lequel le caliche est en solution, on peut affirmer que le raffineur chilien n'amène pas, dans les dernières eaux-mères destinées au traitement de l'iode, le quart de l'iodate préexistant dans le caliche.

« Tandis que les dernières eaux-mères des raffineries de soude de varechs, dit le même auteur, contiennent de 80 à 90 kilogrammes d'iode au moins par mille litres, et cela à l'état d'iodures de potassium et de sodium très-solubles et d'une extraction facile, les eaux-mères en traitement, qui ne sont plus susceptibles d'utilisation dans la fabrication du nitrate, ne contiennent que 0,44 d'iodate de soude pour cent, en moyenne, soit 2 kilog. 820 d'iode par mille litres. C'est de ces dernières eaux que le raffineur chilien extrait l'iode, et il est obligé pour l'obtenir, de transformer l'iodate en iodure, ce qui ne peut se faire sans grande dépense d'acide dans un pays où l'acide est si cher; cette transformation triple son prix de revient; comme l'iode est beaucoup plus soluble dans les eaux-mères chargées de chlorures alcalins que dans l'eau ordinaire, il en résulte que dans des solutions aussi pauvres en iode que le sont les eaux des raffineries chiliennes (282 grammes par cent litres), la moitié au moins de l'iode produit, est entraîné par les chlorures et par les lavages. Cette perte d'iode, par entraînement, étant indépendante de leur richesse en iode, est insignifiante pour le raffineur de soude de varech qui opère sur des solutions concentrées, elle ne représente certes pas un demi pour cent de la quantité d'iode préexistant dans les eaux en traitement, tandis qu'elle se chiffre par plus de quarante pour cent de déficit dans les eaux-mères du nitrate chilien. En résumé, cette perte de trois quarts au

moins de l'iodate du nitrate, jointe à une nouvelle perte de moitié au moins du quart qui est seulement amené en solution dans les eaux destinées au traitement, réduit la quantité d'iode obtenue au huitième à peine de l'iode préexistant dans le caliche, et ce, avec de tels frais d'extraction, qu'il n'est pas étonnant que sur plus de cent raffineries chiliennes, cinq ou six usines seulement produisent de l'iode ».

M. J. Pellieux, dans son appréciation intéressée, commet plusieurs erreurs; d'abord c'est le Pérou et non le Chili qui jusqu'à présent produit le nitrate de soude et l'iode qui en provient; le Chili commence seulement à découvrir de riches gisements de salpêtre et, comme nous le verrons, il ne produira que dans quelques années des quantités importantes de nitrate et d'iode. Ensuite si le caliche contient peu d'iode, il ne faut pas oublier que son extraction constitue une industrie tout à fait accessoire pour le raffineur péruvien ; pour dissoudre le nitrate, il est toujours obligé de traiter les quantités considérables de caliche dont parle M. Pellieux, de plus, les mêmes eaux servant plusieurs fois pour dissoudre de nouvelles quantités de nitrate, elles s'enrichissent par conséquent de plus en plus en iode; par ce fait même, la perte par entraînement dans les solutions chlorurées est bien diminuée, puisque ces solutions, après avoir déposé la plus grande partie du chlorure de sodium qu'elles contiennent, rentrent en cours de fabrication pour épuiser à nouveau le caliche sans grands frais; le raffineur péruvien peut donc extraire l'iode des eaux-mères, quand il les juge assez riches.

Dans un mémoire : le nitrate de soude dans l'Amérique du Sud ; l'ingénieur Victor L'Olivier (*Annales de physique et de chimie*, Tome VII, 5 série 1876) qui a étudié sur place le prix de revient de l'iode, l'estime à 30 ou 40 piastres le quintal soit $3^f,25$ à $4^f,50$ le kilogramme. En supposant même des frais de transport et de courtage considérables, nous sommes loin du prix de 20 à 21 francs assigné par les producteurs français pour l'iode des varechs ; la protection réclamée de 10 francs par kilog., serait donc insuffisante; or cependant, 10 francs par kilogr., ou 50 % *ad valorem*, constituent un droit énorme, qu'une nation affichant des idées libérales ne peut réclamer en aucun cas.

Lors du passage au Pérou de M. L'Olivier, la production dépassait 75 tonnes, mais elle pourrait être portée immédiatement à 375 tonnes. Rien que trois établissements produisent 100,000 tonnes de nitrate, or en réduisant à 1 kilogr. 25, pour tenir compte des pertes, la quantité d'iode extraite par tonne d'eau-mère, on obtient ce chiffre de 375 tonnes. En effet, en prenant la proportion très-modeste de 3 tonnes d'eaux-mères pour 1 tonne de nitrate on a : $3 \times 100{,}000 \times 1.25 = 275$ tonnes d'iode.

Or les autres usines peuvent produire plus de 200,000 tonnes de nitrate ; le Chili vient de découvrir des gisements considérables de salpêtre qui vont entrer en exploitation et pourront aussi fournir de l'iode, et si à cette source considérable on ajoute l'iodure d'argent de Walemare au Chili, on arrive à cette conclusion : que, tôt ou tard, le prix de l'iode doit être très-bas, et que, si les producteurs français ne peuvent fabriquer au même prix, par un changement radical dans leur fabrication, l'Amérique du Sud absorbera le marché européen.

Visite à l'Exposition. — Le Pérou a exposé plusieurs échantillons d'iode extrait des eaux-mères; nous remarquons les noms suivants :

Holsch et Martin à Iquique. Échantillons d'iode et de nitrate de soude.

J.-D. Campbell. Échantillons d'iode et de nitrate de soude.

École de chimie industrielle de Lima.

Malgré l'état de souffrance de leurs affaires, les fabricants français d'iode ont tenu aussi à l'honneur de figurer dignement à l'Exposition de 1878; à voir les

magnifiques vitrines contenant la collection complète de tous les sels extraits des varechs, les brillantes sublimations d'iode, les cristallisations fort bien réussies d'iodures alcalins, les flacons aux vives couleurs d'iodure de plomb, d'argent, de mercure, etc., on ne se douterait pas que l'industrie qui produit tous ces produits si variés, est menacée dans son existence et ne doit son semblant de prospérité actuel qu'au prolongement, pour deux ans encore, du traité anglais, français et péruvien, dont nous avons déjà parlé.

Cette nouvelle entente qui met d'accord les trois pays producteurs, a été conclue le 31 mars 1878; elle fixe le prix minimum de l'iode à 34 francs le kilog. Ces conditions assurent momentanément le travail des usines françaises. Tant que le Pérou trouvera l'écoulement de ce qu'il fabrique, il est le premier intéressé à cette union, mais il est à craindre que dans deux ans, il ne secoue cette tutelle et reprenne son entière liberté, pour pouvoir vendre toute sa production.

Pour donner une idée de l'importance et de la variété de produits d'une raffinerie de soude de varechs, nous allons transcrire la spécification sommaire des objets *exposés* par une usine de création récente, l'usine du Stum à Audierne (Finistère) de M. Lécluse-Trevoëdal frères.

Varech.
Soude de varech.
Chlorure de sodium brut.
Chlorure de sodium raffiné.
Chlorure de potassium cristallisé.
Chlorure de potassium raffiné.
Sulfate de soude.
Iode brut.
Iode en roche.
Iode bi-sublimé.
Iodure de potassium.
Iodure de plomb cristallisé.
Iodure de plomb en poudre.
Iodure de mercure en poudre.
Soufre brut.
Brôme.
Bromure de potassium.
Résidu de soude.
Nitrate de potasse.

Les matières premières employées sont :

Les soudes ou cendres de varechs;
Les acides chlorhydrique, sulfurique et nitrique;
La potasse et le chlorate de potasse;
La manganèse et le charbon de terre, etc.

L'usine consomme par ans.

Soude, environ 2000 tonnes;
Acide chlorhydrique, de 20 à 25,000 kilog;
Acide sulfurique, de 20 à 2,5000 kil.
Potasse, de 7 à 8,000 kilog.
Chlorate de potasse, environ 2,000 k.
Manganèse en poudre, 4,000 kilog;
Acide nitrique, 500 kilog;

L'usine de Stum fabrique par an :

Chlorure de potassium cristallisé, environ 300 tonnes;
Sulfate de potasse brut, environ 150 tonnes;
Chlorure de sodium brut, environ 600 tonnes;
Iode brut, 10,000 kilog;
Iodure de potassium, (presque tout l'iode est transformé en iodure);
Brôme, environ 1,500 kilog;
Résidu de soude, de 12 à 15,000 hectolitres.

La dite usine emploie à l'intérieur de l'établissement 35 hommes presque tous chefs de famille ; 15 femmes.

Au dehors : la pêche, le séchage, l'incinération du varech et son transport à l'usine occupent une population de 2,000 à 2,500 personnes.

Le mouvement commercial maritime de l'usine de Stum donne lieu, par de petits caboteurs de 80 à 120 tonnes, à un transport de 2,500 à 3000 tonnes par ans.

Parmi les exposants français, citons les noms des principaux : Tissier au Conquet, *(médaille d'or)* Glaizot frères, L'Écluse, Maze Launay, Paisant et C[ie], Pellieux et Mazé Launay. L'exposition de ces derniers industriels mérite une mention spéciale, parce qu'elle contient des produits obtenus par des procédés nouveaux, qui, suivant les inventeurs, doivent, s'ils sont généralisés, régénérer l'industrie de l'iode et lui ramener son ancienne prospérité.

Méthode Pellieux et Maze Launay, exposée. — La richesse en iode des varechs ou *Goëmons*, varie avec les différentes espèces dans l'incroyable proportion de 1 à 40; et comme les goëmons riches sont suffisamment abondants dans les départements de l'Ouest, MM. Pellieux et Maze Launay choisissent d'abord les goëmons les plus riches, et leur font ensuite subir, dans l'incinération, une réforme absolue; ils les brûlent, au fur et à mesure de leur récolte, dans des fours continus à combustion méthodique, avant que la fermentation et leur exposition aux intempéries ne leur aient fait perdre, comme dans l'ancien système, une grande partie de leur richesse en iode (planche V.)

Avec ces procédés le prix de l'iode est diminué de moitié, car la main-d'œuvre n'est pas plus élevée et le rendement en iode est plus que doublé; pour donner une idée des avantages qui en résultent, nous emprunterons quelques explications à la notice accompagnant les produits exposés par les inventeurs, et destinée aux membres de jury.

Sur les 400 ou 500 variétés du fucus qui tapissent les côtes de nos départements de l'Ouest, une dizaine d'espèces à peine peuvent être, par leur abondance comme par leur volume, l'objet de l'exploitation des riverains. Ce sont les *Fucus Vesiculosus*, *Nodosus*, *Serratus*, *Siliquosus* (dits goëmons noirs), *Loreus* (lacets), *Esculentus*, *Bulbosus* (tuet), *Saccharinus* (frison), *Digitatus Stenobolus* (thali) et *Digitatus Stenophyllus* (calcut).

Il est à remarquer que chaque espèce du fucus a sa place marquée à des profondeurs différentes et bien déterminées, mais invariables pour une même espèce, et qu'à part le bulbosus, qui est presque complétement dépourvu d'iode, ces différents varechs sont superposés dans l'ordre inverse de leur richesse en iode. Car si nous indiquons par 100 la richesse du digitatus stenophyllus, voici, d'après la moyenne des analyses Pellieux, la richesse proportionnelle de l'iode dans ces différents goëmons (analyse minérale) :

Annalyses de M. Pellieux.

Digitatus stenolobus (calcut)	Feuille nouvelle	122.89
	Pied	109.33
	Feuille ancienne, dit goëmon d'avril.	58.03
	(Plant entier)	66.03
Digitatus stinophyllus (taly calcut)		100. »
Saccharinus (Frisou calcut)		45.08
Vesiculosus. Nodosus. Serratus. Siliquosus.	Goëmons noirs (moyenne)	12.14
Esculentus (Alaria Esculenta)		10.84
Bulbosus (Tuet)		7.83

Il convient d'observer toutefois que cette richesse en iode peut varier pour une même espèce de goëmon, suivant les parages où il croît.

En général, le goëmon est d'autant plus riche en iode qu'il croît moins rapidement. La température semble jouer un grand rôle dans les phénomènes

d'assimilation par le goëmon de l'iode de la mer. Plus les goëmons croissent vers les régions boréales, plus ils sont riches en iode; les goëmons de l'Écosse et surtout de l'Irlande accusent à l'analyse un rendement supérieur à ceux des côtes de Bretagne, et sans sortir de la côte française, des échantillons de digitatus, récoltés à Noirmoutier, ont donné à peine le sixième du rendement de ces mêmes espèces dans les régions du Finistère.

Dans un même parage, pour une même espèce et pour un même plant, la richesse en iode varie, suivant les différentes parties du plant, avec l'âge du goëmon et surtout avec la saison, *la richesse maximum* correspondant toujours à l'hiver et les rendements minimum aux mois de juin, juillet et août.

ANALYSES.		Quantité de varech pour 100 kilogr. de soude.	Matières solubles pour 100 kilogr. de soude.	Iode pour 100 kilogr. de varech.	Iode pour 100 kilogr. de soude.
Digitatus stenolobus (calcut).	Nouvelle feuille.	18.752k	582k	1k224	22k952
	Pied	16.988	527	1.089	18.500
	Ancienne feuille	16.166	502	0.578	9.344
	Plant entier	20.095	765	0.606	12.177
Digitatus stenophyllus (taly)		20.255	714	0.996	20.174
Saccharinus		18.906	711	0.448	8.470
Alaria		21.080	700	0.108	2.277
Vésiculosus. Nodosus. Serratus. Siliquosus.	Goëmens noirs (moyenne)	16.456	507	0.121	1.991
Lorens		16.401	720	0.087	1.443
Bulbosus		21.565	738	0.077	1.660

Ces rendements sont ceux que donne l'incinération des goëmons du commerce faite avec soin au laboratoire, et quoiqu'ils soient un peu inférieurs aux données de l'analyse organique, ils ne seront jamais atteints dans la pratique industrielle par suite des conditions de végétation des goëmons riches en iode, de la profondeur à laquelle ils croissent et de la manière dont ils sont récoltés.

En effet, les saccharinus et digitatus croissent à une profondeur de 15 à 35 pieds au moins au-dessous du niveau des marées de morte-eau, et ne peuvent être recueillis par des bateaux armés spécialement pour cette pêche qu'à chaque grande marée, et seulement pendant les 3 ou 4 jours correspondant aux plus basses eaux, soit 6 à 7 jours tout au plus par mois.

C'est à l'aide de perches de 15 à 20 pieds de long, terminées par des faucilles ou par des crochets, que les pêcheurs coupent ces goëmons qui, ainsi détachés du fond, viennent surnager à la surface pour être recueillis par l'équipage et apportés au continent.

La côte Est du Finistère compte une flotille de 1000 à 1200 bateaux armés pour la pêche des goëmons; mais le ressac, la violence des courants, l'élévation des dunes au-dessus du niveau de la mer et l'impossibilité d'attérir, rendent cette pêche impraticable sur la plus grande partie de la côte Ouest; d'ailleurs, l'état de la mer, généralement plus houleuse pendant les grandes marées, contrarie assez souvent la pêche des goëmons de fond pendant les quelques jours seulement où elle peut se faire; aussi les pêcheurs recherchent-ils plus volontiers les espèces qui découvrent à toutes les marées, qu'ils peuvent se procurer chaque jour en plus grande abondance et bien plus facilement. Il ne serait donc

pas possible de songer avec les moyens actuels à approvisionner complétement l'industrie par les bateaux, et c'est à la ressource que lui offrent les goëmons épaves qu'elle devra pendant longtemps encore le complément de ses besoins. On désigne vulgairement sous le nom de goëmons épaves tous les goëmons qui, arrivés à maturité, se détachent naturellement des roches sur lesquelles ils végètent ou qui, arrachés par les tempêtes, flottent et viennent échouer à la côte.

L'époque de maturité des goëmons varie suivant les espèces :

Le bulbosus (tuet) commence à se détacher en juillet et arrive abondamment en août; il est annuel, atteint des proportions considérables jusqu'à 5 à 6 mètres, et ne met que 4 mois pour acquérir son développement.

Le saccharinus mûrit vers septembre et se détache en octobre novembre.

Tous les ans en avril, le digitatus stenolobus appelé vulgairement (calcut) se dépouille de son ancienne feuille qui se détache à l'extrémité de la feuille nouvelle, et comme ce goëmon est très-abondant, cette feuille fournit, dans certains parages (notamment dans la baie d'Aubierne où la pêche n'est pas praticable) plus de la moitié des approvisionnements de l'année.

Le digitatus stenofillus (appelé vulgairement thaly) n'est pas annuel; il peut végéter pendant plusieurs années, ce qui explique sans doute sa plus grande richesse en iode. Ses griffes puissantes le font adhérer fortement aux rochers, dont il n'est détaché généralement que par les longues faucilles du pêcheur, *en été*, ou les violentes *tempêtes d'hiver ;* ce sont généralement ces tempêtes qui arrachent les pieds du calcut.

Lorsque ces goëmons arrivent en épaves à la côte, ils ont, comme nous le disions tout à l'heure, séjourné plus ou moins longtemps dans la mer, et ce séjour peut modifier leur qualité dans des proportions surprenantes, sans que l'apparence extérieure décèle cette altération.

Il résulte des nombreux essais et de la pratique industrielle de MM. Pellieux et Mazé-Launay que ces goëmons qui, récoltés au moment où ils ont été détachés, contiendraient cent d'iode :

N'en contiennent plus que	59 %	après	2	jours de séjour	en mer
—	39	—	3	—	—
—	28	—	4	—	—
—	27	—	5	—	—
—	26	—	6	—	—
—	25	—	7	—	—
—	19	—	8	—	—
—	8	—	9	—	—
—	7	—	10	—	—

Indépendamment de l'altération des goëmons épaves par leur séjour en mer, ils atterissent généralement, lorsqu'ils sont détachés par la tempête, en un mélange de toutes les espèces dans lesquelles, en été, prédominent les goëmons pauvres en iode.

Voici, d'après des observations faite par M. Pellieux pendant les années 1875, 1876 et 1877, la composition moyenne de ces arrivages

	Arrivages d'été	Arrivages d'hiver.
Digitatus	26 p. %	53 p. %
Bulbosus.	28	28
Vésiculosus..	1.50	4 50
Saccharinus.	13	2.20
Loreurs..	14	0.0
Serratus.	2.20	1.50
Mousses, zostères et débris hachés . . .	15.30	10.80
Arrivage total	100 p. %	100 p. %

Aussi, dit M. Pellieux, tandis que la pêche par bateaux assure le goëmon à une richesse invariable pour une même espèce récoltée à une même profondeur et à une même époque, le goëmon épave arrive à la côte toujours appauvri en iode dans des *proportions qui n'atteignent jamais moins de 40 pour cent et souvent plus de 70 pour cent du rendement des goëmons de bateaux.*

Le *desséchage* qu'on fait subir aux goëmons poûr qu'ils soient plus transportables pour l'agriculture et pour qu'ils puissent être incinérés dans les fosses et convertis en soude, est une autre source de déperdition d'iode ; le goëmon est très-sensible aux influences atmosphériques ; la pluie et la brume, si fréquentes sur les rivages de l'Océan, le détériorent bien plus encore que l'eau salée de la mer. Le goëmon épave n'arrive abondamment à la côte qu'après la tempête et par les vents pluvieux de l'Ouest ; et comme, suivant le proverbe, grand vent ne s'abat pas sans pluie, nous voyons généralement 2 ou 3 jours de pluie suivre les grands arrivages.

Le goëmon frais, mis en petits tas, fermente au bout de quelques jours, perd en jus la moitié de son poids et de ses sels, et, l'hiver surtout, tourne en une véritable bouillie putride qui ne permet plus de le faire sécher et d'en tirer parti ; aussi le riverain est-il obligé d'étendre le goëmon dès qu'il le récolte, sans pouvoir le soustraire aux influences du temps.

Tandis qu'il ne faut, en moyenne, que seize à dix-huit mille kilogrammes de goëmons de bateaux, brûlés à l'état vert, pour obtenir mille kilogrammes de soude d'une richesse de quatorze à vingt kilogrammes d'iode, soit environ mille kilogrammes de goëmon frais pour un kilogramme d'iode, il faut de vingt-cinq à soixante-cinq mille kilogrammes du même goëmon desséché pour obtenir un rendement variant de sept à quatorze kilogrammes d'iode par mille kilogrammes de soude, soit 2,200 kilogrammes de ce goëmon séché pour un kilogramme d'iode.

Ne résulte-t-il pas de cet exposé, avec la dernière évidence, que le choix intelligent du goëmon et l'incinération de ce goëmon à l'état frais, sont la seule porte de salut désormais ouverte à l'industrie française de l'iode, si elle veut soutenir la concurrence chilienne ? Il faut que le fabricant d'iode devienne producteur de la matière première ; il faut que renonçant à d'anciens errements dont il est la victime, le fabricant français comprenne que le mérite pour lui sera désormais bien plus dans une habile fabrication de cette matière première, *lui permettant d'en tripler le rendement,* que dans la futile satisfaction d'obtenir à grands frais d'une soude si pauvre en iode qu'elle le ruine, des sels purs, et une plus ou moins belle cristallisation.

Aujourd'hui, comme il y a cinquante ans, la plus grande partie de la soude destinée à l'alimentation des usines est fabriquée par les riverains eux-mêmes dans des cavités ou fosses qu'ils creusent au bord de la grève dans la terre ou le sable ; ces fosses n'ayant pas de tirage, ne peuvent-être alimentées que par du goëmon sec et fonctionner que par beau temps ; aussi cette fabrication, faite exclusivement pendant la période la plus chaude de l'année, est-elle limitée aux mois de juillet, août, septembre pour se terminer en octobre.

Le soudier a intérêt d'ailleurs à ne pas brûler son goëmon avant juillet, car c'est à la Saint-Jean (24 juin), qu'a lieu sur le littoral Est-Finistère, une véritable foire de goëmons secs. C'est le rendez-vous général de tous les cultivateurs de l'intérieur des terres, et c'est ce jour-là que le plus offrant de l'agriculture ou de l'industrie règle le cours du goëmon et par contre de la soude ; mais, tandis que le cultivateur choisit parmi les nombreux tas du littoral les goëmons les plus salins, les mieux séchés et de plus belle apparence, et peut payer, car il voit et sait ce qu'il achète, le fabricant d'iode, lui, n'achète sa

soude aux brûleurs que par des intermédiaires, sans qu'il lui soit possible d'en apprécier la qualité, sans pouvoir disposer du choix des goëmons, et par le fait, à l'exception des années où la soude atteint des prix élevés, ce ne sont souvent que les goëmons secs rebutés par l'agriculture qui servent à l'incinération.

Quoique la production de l'iode soit le but principal de cette industrie, il semble que tout concourt dans cette fabrication grossière pour en affaiblir le rendement.

On n'incinère en grande partie que les goëmons de coupe, dits goëmons noirs (nodosus, serratus, vesiculosus, etc., etc. ; les loreus, dits « lacets ») et les goëmons épaves d'été, et *nous venons de voir* que ces espèces sont d'une remarquable pauvreté en iode. — Les arrivages, bien plus riches et si considérables de l'hiver, sont, par l'impossibilité du séchage, complétement perdus pour cette industrie ; tandis que le *séchage* et *l'étendage* de ces goëmons sur des grèves sablonneuses viennent multiplier ces pertes, l'un en enlevant partie des sels, l'autre en affaiblissant le titre du rendement de la soude par le sable et les impuretés qu'il introduit dans le goëmon.

On peut sans exagération évaluer le sable et les impuretés de la soude de fosses non fraudée au quart du poids total. D'ailleurs la soude vendue par les brûleurs au poids et sans garantie de qualité, aux commissionnaires qui, également payés au poids, recherchent surtout la quantité, sans vouloir sans pouvoir même s'occuper de la qualité, *est facturée aux raffineurs à un prix uniforme pour une même provenance, et la quantité de l'iode, chose capitale pour lui est absolument étrangère au prix.* Aussi la pratique de la fraude a tellement prévalu, qu'il n'est pas un brûleur qui n'introduise dans sa soude de vingt à quarante pour cent de sable ou de gravier au vu et su des fabricants d'iode eux-mêmes, indépendamment des quinze à vingt-cinq pour cent d'impuretés introduites naturellement dans le goëmon, comme nous venons de le dire, par le fait de l'étendage ; et tandis qu'il faudrait trois mille kilogrammes de bon goëmon sec environ, ou quatre mille cinq cents kilogr. de goëmon du commerce, c'est à peine si le brûleur en emploie 1,500 kilogr. pour produire une tonne de soude. Il est même à remarquer que cette fraude augmente avec la demande et avec le cours de la soude lorsque l'élévation de ces cours est déterminée par la concurrence où par la hausse de l'iode. Plus sa soude est recherchée, plus le brûleur la fraude ; d'où il résulte que lorsque le prix de l'iode tombe au-dessous de 27 à 28 francs le kilogrammes, le raffineur est forcé de ralentir ses achats et de se résigner à perdre ; tandis que dans les années où l'iode est rémunérateur et pourrait offrir une compensation, c'est le brûleur qui, par l'exagération de la fraude et de ses prix, enlève aux fabricants la plus grande partie de leurs bénéfices.

N'avons-nous pas vu, à la suite du haut cours de l'iode en 1871-1872, le prix de la soude monter de 85 francs à 125 francs et la production de 9,500 tonnes, en 1871, passer à 15,000 tonnes en 1872; or, nous pensons que les 15,000 tonnes de soudes commerciales de 1872 n'ont pas été faites avec plus de goëmon que les 9,500 tonnes de 1871, la différence de production ne représentant que la fraude, et cette différence entre les prix d'achats de ces 15,000 tonnes de 1872 à 125 francs et les 9,500 tonnes de 1871 à 86 francs, soit 1,067,500 fr., a presque exclusivement profité aux soudiers.

Par suite de l'arrivée de l'iode chilien sur les marchés de l'Europe, à partir de 1872 et de la baisse successive des cours, la production de la soude tombe ;

En 1873,	à environ	9,000 tonnes,	au prix de	95 francs
1874,	à —	6,000	— —	85 —
1875,	à —	4,000	— —	70 —
1876,	à —	2,500	— —	65 —
1877,	à —	2,500	— —	70 —

Four Pellieux exposé. — A la fosse à incinération primitive, MM. Pellieux et Mazé-Launay ont substitué de hauts et vastes fours avec un puissant tirage (pl. V). Dans ces fours ils incinèrent le goëmon pendant toute l'année, sans lui faire subir de desséchage préalable. Le goëmon vert tombe successivement par son propre poids dans l'intérieur du four, de grillages en grillages, de manière à arriver dans le foyer d'incinération suffisamment sec pour s'enflammer et se réduire en cendres. On consomme environ 900 kilogs de charbon pour incinérer 13,000 kilog. de goëmons verts à 90 % d'eau, qui produisent 1,000 kilog. de cendres.

La soude brute obtenue par l'incinération immédiate est d'un rendement bien plus avantageux. On est convaincu de cette affirmation, en jetant les yeux, à la vitrine de l'Exposition de MM. Pellieux et Mazé-Launay, sur deux échantillons de soude faits avec dix-huit kilogrammes de digitatus coupé en deux parties égales de manière à offrir une composition analogue, et divisé en deux échantillons d'un même poids de neuf kilogrammes.

Le n° 1 représente neuf kilog. brûlés sans dessication préalable, il donne en soude 477 grammes et en iode 8 grammes 238.

Le n° 2 provient des neuf kilog. du même goëmon abandonné à l'action de la pluie, il ne produit plus par l'incinération après desséchage que :

En soude 130 grammes au lieu de.	477	grammes
En iode 940 milligrammes au lieu de.	8238	—

Toutefois le goëmon, avant d'être brûlé, doit éprouver un commencement de fermentation et de décomposition; quand cette opération préalable n'a pas lieu, le rendement en iode est moins élevé.

On peut admettre pour expliquer ce fait que pendant la putréfaction des varechs il se produit dans la statique des groupes moléculaires, des variations analogues à celles qui ont été observées par Berthollet, lors de ses travaux sur les sels. L'iode combiné dans le varech frais à l'état *organique* volatil entrerait dans un composé *minéral* plus fixe que ne décomposerait plus l'incinération. Par le fait, en présence des sels de soude et de potasse des goëmons, l'azote de la matière organique fraîche semble se transformer pendant l'incinération partie en cyanures et partie en sels ammoniacaux, et déterminer la formation d'un peu d'iodure de cyanogène, lequel est volatil ; mais, lorsque l'azote des goëmons frais s'est, par un commencement de fermentation ou de putréfaction, transformé en ammoniaque, et que le soufre de la matière organique commence à produire des sulfures et des sulfhydrates de potassium, de sodium et de calcium, l'iodure de cyanogène est décomposé par l'acide sulfureux et les sulfhydrates ; l'ammoniaque est dégagé et remplacé par les autres bases plus fixes, et les iodures de cyanogène et d'ammonium définitivement transformés en iodures de sodium et de calcium, et principalement en iodure de potassium, indécomposable par la chaleur. Dans ces conditions le rendement de l'incinération atteint presque le rendement absolu de l'analyse organique, et l'objection la plus sérieuse, soulevée par quelques chimistes contre les procédés par combustion, tombe d'elle-même.

MM. Pellieux et Mazé-Launay alimentent leurs établissements avec la plus grande quantité possible de goëmons de bateaux, c'est-à-dire coupés en mer par les pêcheurs, car ils sont les plus riches en iode. Leur fabrication étant continue, la pêche peut durer toute l'année et non pendant quelques mois seulement, comme avec l'ancienne fabrication ; ils complètent leurs approvisionnements avec les goëmons épaves d'hiver, qui sont plus riches que ceux d'été, et qui, en cette saison, ne sont pas recherchés par l'agriculture.

Toutes ces innovations, après avoir subi les épreuves de la critique et du

temps, sont passées du domaine de la théorie dans le domaine de la pratique industrielle. Les résultats obtenus étaient tellement satisfaisants, qu'en 1875 les fabricants d'iode réunis en syndicat, comme nous l'avons vu précédemment, proposèrent à MM. Pellieux et Mazé-Launay de généraliser leurs procédés au profit de l'Union, et de se charger de toute la fabrication des soudes brutes, qui seraient partagées entre tous les membres de l'Union française. Ces propositions amenèrent, le 28 mai 1875, le traité suivant dont il est intéressant de citer les principaux articles :

Entre :

MM. F. Tissier, manufacturier au Conquet,
Cournerie fils et Cie, manufacturiers à Cherbourg,
L. Paisant, manufacturier à Pont-l'Ablé,
A. Carof et Cie, manufacturiers à Ploudalmézeau,
Ch. Morio, manufacturier à Vannes,
Mazé-Launay et Pellieux, manufacturiers à Kerhuon,
Ch. Le Gloahec fils, manufacturier à Saint-Pierre-Quiberon, tous fabricants d'iode d'une part :

Et :

MM. J. Pellieux et Mazé-Launay, d'autre part :
A été convenu et arrêté ce qui suit ;

Art. 1er. — A partir du 1er juin 1875, MM. Pellieux et Mazé-Launay, deviennent fabricants de soude brute de varechs, exclusivement réservée à l'alimentation des usines des fabricants d'iode susnommés. La répartition des soudes brutes fabriquées par MM. Pellieux et Mazé-Launay sera faite de la manière suivante :

MM. Tissier	$\frac{23,34}{100}$
Cournerie fils et Cie	$\frac{14,16}{100}$
L. Paisant	$\frac{13,50}{100}$
A. Carof et Cie	$\frac{12,50}{100}$
Morio	$\frac{12,50}{100}$
Mazé-Launay, Pellieux	$\frac{12,50}{100}$
Le Gloahec	$\frac{12,50}{100}$

Art. 2. — MM. Pellieux et Launay s'engagent à fournir aux fabricants susmentionnés une quantité annuelle de six à 8 mille tonnes (de 100 kilog. l'une) de soude fabriquée dans leurs îles et dans les circonscriptions d'Audieme, de Fortsall, de Laberwrach, et sur tous les points généralement quelconques, à l'exception de l'île Molène, des Glénans, de la côte Ouest de Normandie, de Quebéron, de Penmarc'h, tant qu'ils n'y auront pas établi de fours ; et des points qui appartiendraient personnellement aux fabricants susnommés.

Art. 3. — Cette fabrication se fera dans des fours pour lesquels MM. Pellieux, et Mazé-Launay ont pris un brevet n° 92, 869, en date du 15 octobre 1871, avec

addition des 29 novembre 1874 et 23 février 1875, et suivant les conditions dudit, quels que soient les nouveaux perfectionnements qu'ils pourraient y apporter.

Art. 4. — Les fabricants ci-dessus désignés se réservent collectivement le droit d'augmenter la quantité de huit mille tonnes, en prévenant MM. Pellieux et Mazé-Launay chaque année avant le 1er mars; mais il est entendu que cette augmentation ne devra être fournie par ces Messieurs que dans la limite du possible.

Art. 5. — La soude devra être commerciale, c'est-à-dire qu'elle devra pouvoir être traitée par les procédés actuellement en usage dans les usines des contractants.

Elle sera livrée sous vergues, dans le port d'embarquement, et elle sera payée proportionnellement à sa richesse en iode sur la base suivante :

Pour un titre de 4 à 5 millièmes.	14 fr.	le kilo d'iode.
— de 5 à 6 millièmes.	15	—
— de 6 à 7 millièmes.	16	—
— de 7 à 8 millièmes.	17	—

Toutefois, cette dernière tarification ne sera appliquée que si le prix brut de vente, déduction faite de 3 % d'escompte, et calculé sur les comptes du dernier trimestre, atteignait 28 francs et au-dessus ; et dans le cas où le prix de vente n'atteindrait pas 28 francs, le prix payé pour le titre de 7 millièmes et au-dessus sera de 16 francs le kilogramme.

Les fractions de kilogramme, seront comptées pour leur valeur.

Art. 6. — Les échantillons seront prélevés contradictoirement à l'embarquement et au débarquement.

Le mode de titrage de l'iode sera réglé par un accord préalable.

Dans le cas où il serait reconnu que le mode de titrage adopté donnerait des indications erronées, les contractants auront toujours le droit d'en demander la modification, mais sans effet rétroactif.

Art. 7. — Le traité prendra son cours à partir du 1er juin 1875 et prendra fin au 31 décembre 1885 ; cependant les parties auront le droit individuel en se prévenant un an à l'avance, de résilier le présent traité, dont la durée totale, dans ce cas, ne pourra avoir été moindre de cinq ans, qui commenceront à partir du 1er janvier 1876.

Art. 8. — Si le prix de vente de l'iode venait à tomber à 18 francs le kilog. et au-dessous, les contractants auraient collectivement la faculté de déduire ou de suspendre leurs achats, et ce, sans indemnité, en prévenant MM. Pellieux et Launay trois mois à l'avance. Dans ce cas, MM. Pellieux et Launay auront la faculté de tirer partie de leur production, mais sans engagements à livrer, et seulement jusqu'à la reprise de la fabrication pour le compte des contractants, qui seront tenus de donner à ces Messieurs avis de cette reprise un mois à l'avance.

Nonobstant, lesdits fabricants d'iode seraient obligés de prendre les soudes fabriquées et celles à fabriquer suivant les approvisionnements constatés au moment du chômage.

Art. 9. — Chaque année, dans le courant de juillet, les contractants seront tenus de fournir, sans solidarité aucune entre eux, et proportionnellement à leur prorata, à MM. Pellieux et Launay, pour leur faciliter les achats et à titre d'avance, une somme de cinquante mille francs.

Pour la première année, cette somme devra être mise à la disposition de MM. Pellieux et Launay, par fraction de cinq mille francs et par établissement créé, dès que l'établissement commencera les achats pour le compte général.

Les soudes seront payées sur connaissement, à quinze jours de la réception dudit, en valeurs, soit sur Brest, soit sur Paris, et sur la base provisoire de cinq kilogrammes par tonneau de soude, et au prix de 15 francs par kilogramme d'iode.

Le règlement définitif de chaque expédition se fera immédiatement après la vérification du titre.

Art. 10. — Les fabricants s'interdisent, pendant l'exécution du présent traité, toute ingérence et tout agissement sur tous les points qui ne leur sont pas réservés par l'article 2. Néanmoins, ils pourront faire incinérer pour leur compte (mais par l'intermédiaire des agents de MM. Pellieux et Launay, là où il s'en trouvera, et sous la commission ordinaire de 5 francs par tonneau, et sous les conditions habituelles), sur tous les points en dehors des limites d'approvisionnement des fours établis par MM. Pellieux et Launay.

Malheureusement la mise à exécution de ces conventions nécessitait la création d'un grand nombre d'établissements, outre ceux déjà existants de Beniguet, Tricleu, Poulhau, pour lesquels l'autorisation préfectorale était indispensable, car les fours permanents pour l'incinération des goëmons sont rangés dans la catégorie des établissements dangereux, incommodes et insalubres de première classe, et comme tels, soumis à une rigoureuse enquête.

Ces demandes d'autorisation, malgré les instances de MM. Pellieux et Mazé-Launay, auxquels s'étaient joints tous les intéressés eux-mêmes, rencontrèrent des oppositions insurmontables, et finalement l'établissement de fours permanents ne fut pas possible, ce qui amena forcément la non-exécution des conventions (1).

Les procédés nouveaux dont nous parlons se heurtaient d'abord aux intérêts agricoles, tous les cultivateurs de la côte craignant de ne plus avoir en abondance les goëmons pour engrais, et ensuite aux intérêts locaux de toute la population des côtes de l'Ouest, occupée une grande partie de l'été à ramasser et incinérer les goëmons; c'est pour ces raisons qu'ils rencontrèrent tant de difficultés administratives, tant d'acharnement et de contrariétés de toute nature. Il est à regretter que cette fabrication reconnue supérieure par tous les fabricants n'ait pu prendre l'extension suffisante pour remplacer complètement les méthodes primitives qui rendent $^2/_3$ d'iode en moins, et des sels moins riches en potasse.

Les fabricants d'iode étaient tellement persuadés des avantages de cette nouvelle fabrication, que se trouvant lésés par la non-exécution des conventions, ils intentèrent une action en dommages et intérêts, ne reconnaissant pas le cas de force majeure invoqué par MM. Pellieux et Mazé-Launay. Un arrêt de la cour de Rennes, 16 août 1877, vient de mettre fin à ce procès; cet arrêt annule toutes les conventions du traité du 28 mai 1876.

(1) Nous aurions aimé à voir le rédacteur de cet article, nous dire un peu si les objections faites par l'administration, qui en cela a pu s'inspirer des désirs égoïstes des paysans de la côte, sont assez concluantes pour justifier l'ostracisme dont ces malheureux fours ont été l'objet, et qui, par ce fait, prive d'une industrie la France au profit d'un pays étranger, puisque, de l'avis de l'auteur, l'industrie de l'*iode* ne peut supporter la concurrence qu'à cette condition d'abandonner les modes primitifs pour accueillir les procédés et le matériel dont la science actuelle a doté toutes les industries. En un mot, il reste à savoir si les dommages (peut-être problématiques), qui devront être causés par l'installation de ces fours, seront amplement compensés par les richesses qui en ressortiraient et le pain donné à de nombreux ouvriers.

E. L.

MM. Pellieux et Maze-Launay exploitent quand même, pour leur compte seulement, plusieurs fours permanents de leur système et raffinent la soude obtenue par des procédés entièrement nouveaux aussi, dans leur usine de Kerkuon. Voici en quelques mots la marche adoptée pour le traitement des goëmons verts :

Devant chaque établissement se trouvent trois plate-formes : sur la première, les goëmons abandonnés pendant quatre ou cinq jours à un égouttage qui n'est pas recueilli parce qu'il ne contient pas encore assez d'iode.

Vers le sixième jour les goëmons sont rejetés de la première sur la deuxième plate-forme.

Cette plate-forme, beaucoup plus grande que la première et que la troisième, sert à la fermentation du goëmon, lequel, mis en couches de 50 à 60 centimètres de hauteur, est au bout de 48 heures dans l'état de fermentation voulu pour l'incinération sans perte de l'iode. Accumulé dans cet état sur la troisième plate-forme, il y est pris pour servir aux besoins de la fabrication.

Les jus qui s'écoulent des deuxième et troisième dallages sont précieusement recueillis dans de vastes citernes; ils marquent de 7 à 8 degrés Baumé; ils sont d'une richesse supérieure à celle du goëmon lui-même. Notons en passant que c'est la perte de ces jus dans l'opération de l'étendage et du séchage des goëmons qui est une des principales causes de l'appauvrissement en iode des soudes de goëmons secs ; la seconde cause est la macération par la pluie et la brume ; la troisième l'entraînement successif par les brouillards, même pour les goëmons secs accumulés en tas, des efflorescences de ces goëmons par suite de la grande solubilité de l'iodure de potassium et de l'hygrométricité des goëmons.

Ces jus sont amenés dans des chaudières plates superposées aux fours à évaporer; ils y subissent un commencement de concentration, et de là s'écoulent dans les fours à évaporer, où ils sont élevés jusqu'à 32° Baumé. Ils sont, au sortir de l'évaporateur, mélangés au goudron et autres produits empyreumatiques provenant de la combustion et coulés dans les fours de calcination pour être incinérés en même temps que les goëmons.

Les soudes obtenues diffèrent autant des autres soudes de fosses, sous le rapport de la composition chimique générale, que sous le rapport de l'iode; elles sont bien plus riches en sels de potasse que ces dernières, et presque toute cette potasse est à l'état de chlorure de potassium.

Ainsi, tandis que la soude de fosses contient environ 42 % de sels solubles, dont la composition moyenne est :

Chlorure de sodium (traces de carbonate et sulfate de soude).	23 %
Chlorure de potassium.	12
Sulfate de potasse.	7
Total.	42 %

La soude des fours Pellieux renferme 57 % de sels solubles, dont la composition moyenne est :

Chlorure de sodium et sulfate de soude.	21,15 %
Carbonate de soude.	5,10
Chlorure de potassium.	28,25
Sulfate de potasse.	2,60
Total.	57.00 %

Il en résulte qu'elles sont d'un lessivage beaucoup plus facile, et qu'au lieu de les concasser pour le traitement en morceaux de la grosseur d'une noix, il suffit de les jeter dans les cuves à lixiviation en morceaux de 15 à 20 kilos; on évite dans ces conditions la formation dans l'intérieur des cuves de ces couches

compactes, véritable mortier provenant de la poussière des concasseurs qui, souvent, s'opposent à la marche régulière du lessivage méthodique.

Les soudes aussi peu salines que le sont généralement celles de provenances commerciales sont diffficiles à lessiver et demandent à être très-divisées pour être complétement épuisées.

Il en résulte que les fabricants d'iode ont dû renoncer aux avantages du lessivage méthodique de Schanks, après en avoir fait l'essai, pour en revenir au lessivage primitif et si défectueux des caissons isolés et indépendants, ce qui augmente notablement la quantité du liquide à évaporer ainsi que les frais de combustible, et nuit à la qualité des sels produits qu'on ne peut obtenir parfaitement purs que dans des solutions saturées.

Le prix des sels de potasse, et notamment du muriate, étant très-avili depuis quelques années par la grande production et la concurrence allemande, les frais d'extraction sont exagérés en pure perte dans le traitement actuel des raffineries en vue de la séparation et de la purification des sels et de la soude de varech.

Aujourd'hui que la fabrication des engrais chimiques et l'agriculture consomment de grandes quantités de sels alcalins, il est de l'intérêt du raffineur de limiter son travail à l'extraction de l'iode et du brôme et à la fabrication de l'iodure et du bromure, en livrant aux fabricants d'engrais au titre de potasse à des prix presque aussi élevés que ceux des sels purifiés tous les sels restant dans les soudes varechs, ce qui s'obtient facilement avec une réduction de près des trois quarts de frais de main-d'œuvre et de combustible dans les conditions suivantes :

La soude est lessivée méthodiquement jusqu'à ce qu'elle fournisse des solutions à 30 et 31° Beaumé ; ces solutions à 30° sont envoyées dans un évaporateur Porion et rapprochées à 35° et de là coulées dans des fours à réverbères qui les évaporent complétement, les calcinent pour les débarrasser de tous les sulfures, sulfites et autres sels de la série thionique qui nuiraient à la précipitation de l'iode.

Au sortir du four à réverbère les sels calcinés sont soumis à un nouveau lessivage méthodique qui en enlève complétement les iodures en ne dissolvant qu'une faible quantité des autres sels. Les iodures de potassium et de sodium par suite de leur grande solubilité sont facilement entraînés par les premières eaux du lessivage. Dès que les sels ne contiennent plus d'iode, ils sont séchés, pulvérisés et mis en sac pour être vendus à l'agriculture sous le nom d'engrais alcalins, à base de potasse.

On désulfurait autrefois, par les acides, les eaux-mères destinées au traitement de l'iode, et c'est le mode encore généralement employé par les autres fabricants. Outre que ce traitement est coûteux par suite de la grande quantité d'acide employé et de la détérioriation des chaudières, il détermine pendant le chauffage des pertes d'acide iodhydrique et décompose incomplétement les cyanures des eaux-mères; il en résulte que pendant la précipitation de l'iode, une partie de l'iode obtenu se combine de nouveau à l'état d'iodure de cyanogène pour rester en solution dans les eaux-mères, sans pouvoir être obtenu par les réactifs ordinaires des iodures de potassium et de sodium.

La calcination des eaux-mères destinées au traitement de l'iode, prolongée pendant 24 heures environ dans les fours à réverbère en présence d'un courant d'air, oxyde parfaitement les sulfures, sulfites, etc., sans la moindre déperdition d'iode, supprime complétement l'emploi des acides, détruit les cyanures et empêche la formation de l'iodure de cyanogène, au moment de la précipitation, ce qui est important eu égard aux applications médicinales de l'iode et de l'iodure.

« On trouve, dit M. Pellieux, quelquefois dans de l'iode ou dans des iodures du

commerce des traces de cyanures qui ne doivent pas avoir d'autre origine que celle que nous venons de signaler, et il est facile de se convaincre de la formation des cristaux d'iodure de cyanogène lorsqu'on traite par certains procédés, notamment par l'acide sulfo-nitrique en présence du manganèse, les eaux-mères non calcinées, cet iodure étant très-volatil, se décompose rapidement, et c'est ce qui fait qu'on ne le rencontre qu'exceptionnellement (fort heureusement pour la consommation médicinale) dans les iodures du commerce. »

Cette calcination se fait dans des fours à réverbère, dont le fond est formé par une cuvette en tôle recouverte d'une chemise de briques réfractaires, de manière à éviter toute perte d'eaux-mères qui, à ce degré de concentration, ont une grande valeur.

Le salin provenant de la calcination de ces eaux est parfaitement blanc.

Soumis à froid au lessivage méthodique, ce salin donne des solutions tellement concentrées en iodures que l'on peut les extraire directement, et produire (sans en passer par l'obtention de l'iode et la conversion de l'iode en iodure, suivant la pratique habituelle) un mélange d'iodures de potassium et de sodium d'une pureté absolue au point de vue de l'équivalent de l'iode.

La composition de ce produit est :

Iodure de potassium.	72k 40 °/₀ k.
Iodure de sodium.	27k 60

Quoique le commerce ne soit habitué jusqu'à présent qu'à l'emploi exclusif de l'iodure à l'état d'iodure de potassium, ces iodures directement obtenus pourront d'autant mieux convenir à la consommation, que c'est l'iode et non la potasse qu'elle recherche dans l'iodure de potassium, et qu'à cause de l'équivalent plus faible du sodium, la quantité d'iode, pour cent de mélange, est supérieure à la quantité d'iode réel de l'iodure de potassium pur.

Par la méthode Pellieux, on peut évaluer à 1 fr. 50 par kilog. les frais d'extraction de l'iode, et à 2 francs les frais de conversion de l'iode en iodure. Cette modification réaliserait donc (sans compter les autres pertes inhérentes aux manipulations des procédés ordinaires) une économie de 3 fr. 50 par kilog. d'iodure, ou de 4 francs par kilog d'iode.

En terminant ce petit aperçu des modifications et améliorations apportées dans le travail de la raffinerie de Kerkuon, nous ferons observer que le fait de n'y traiter que des soudes riches en iode a abaissé dans une proportion importante le prix de revient du kilogramme d'iode obtenu dans cet établissement.

Les raffineurs évaluent à 60 francs environ le prix du traitement d'une tonne de varech ; l'iode étant le produit principal de cette industrie et le traitement d'une soude riche plus facile et moins coûteux que le traitement d'une mauvaise soude, il en résulte que si le kilog. d'iode ressort à 20 francs pour des soudes à 3 kilog. il s'abaisse à 6 francs pour des soudes à 10 kilog. Donc, à tous les points de vue, et quand même le kilogramme d'iode coûterait le même prix à l'achat dans des soudes riches que dans des soudes pauvres, le raffineur a un intér t capital à ne traiter que des soudes aussi riches que possible en iode.

Cette observation vient confirmer encore la nécessité pour le raffineur de fabriquer lui-même la matière première destinée à sa raffinerie, et de se préoccuper à l'avenir bien plus de la qualité de cette matière première que de l'apparence et du cachet des sels qu'il produit.

Conclusion. — C'est donc dans l'amélioration des procédés de fabrication, bien plutôt, que dans l'obtention d'un droit protecteur à l'entrée de l'iode et des sels de potasse que l'industrie des sels de varechs doit retrouver le moyen de lutter avec la concurrence étrangère.

POTASSE DE BETTERAVES ET DE SUINT A L'EXPOSITION.

Potasse raffinée. Situation économique. — Les industries françaises que nous venons d'étudier, traitement des eaux-mères et incinération des varechs, ne produisent que des sels neutres et à ce titre ne peuvent être considérés comme les sources principales de la potasse; cette dénomination s'applique, du reste, plus généralement à l'alcali ou au carbonate de potasse. Ce sel alcalin a une valeur beaucoup plus élevée que celle des sels neutres; il constitue la base de tous les savons mous d'un emploi si étendu dans tout le nord de l'Europe; il entre pour une forte proportion dans les verres fins : verre de gobeleterie, verre de Bohême, Crown-Glass, cristal, Flint-glas, Stras; ces différentes variétés de verre n'étant en résumé que des silicates de potasse alliés à des silicates de chaux ou de plomb.

L'extraction de la potasse des vinasses et des eaux de lavage des laines a pris jusqu'en 1877 une importance toujours croissante, ce qui démontre suffisamment son ancien état de prospérité et les bénéfices qu'elle a dû procurer. Actuellement, la production est déjà trop considérable par rapport aux besoins de la consommation; les magasins regorgent de marchandise, la potasse raffinée de 0 fr. 90 le kilog. en 1872, de 0 fr. 65 encore en 1876-77, est descendue brusquement à 0 fr. 46 en 1878. Cette situation, malheureusement non prévue par beaucoup d'industriels, a causé des pertes énormes à la raffinerie, car la matière brute avait été payée très-chère, et non-seulement le produit raffiné s'est vendu à 0 fr. 15 et 0 fr. 20 le kilog. au-dessous du prix d'achat de cette matière brute, mais tous les sels dérivant du raffinage ont eu à subir en 1878 une dépréciation de 30 à 40 % sur les prix de 1877.

Cependant, devant le ralentissement général des affaires, devant la concurrence de l'Allemagne et sa grande production, cette baisse pouvait et devait être prévue par tous ceux qui, sans se laisser influencer par les agiotages de bourse et de spéculation, étudient les causes générales de prospérité ou de malaise d'une industrie; nous l'annoncions en octobre 1877 dans un mémoire adressé à la Société industrielle du nord de la France.

La production, avons-nous dit, n'est plus en rapport avec la consommation, cherchons à la chiffrer approximativement.

Il existe actuellement en France :

60 fabriques de potasse brute de betteraves.
14 fabriques de potasse brute de suint.
16 raffineries de potasse.
2 usines de transformation.

Le tableau ci-dessous indique l'accroissement de production de 1860 à 1877.

En 1860 on raffinait par jour		15,000	kilog. de salins.
De 1860 à 1855	—	40,000	—
De 1865 à 1872	—	75,000	—
De 1872 à 1877	—	100,000	—

Ce dernier chiffre, 100,000 kilog. par jour, suppose le fonctionnement normal de toutes les raffineries, il a été certainement atteint en 1876 et 1877; à ce compte, on peut estimer de 32 à 35 millions kilogrammes la quantité

de potasse brute travaillée annuellement. La France en produit les $^9/_{10}$, le restant est tiré de la Belgique, de la Hollande et de l'Allemagne.

En supposant à cette potasse brute une moyenne de 28 % de carbonate de potasse, on peut estimer comme ci-dessous la production de la potasse raffinée; ajoutons-y la potasse de transformation des sels de potasse en carbonate, et la potasse de suint qui s'emploie ordinairement à l'état brut.

Potasse raffinée de betteraves, titre $^{75}/_{80}$	12 millions
Potasse de suint $^{75}/_{80}$	3 —
Potasse de transformation $^{90}/_{92}$	4 —

La potasse brute donne en outre comme produits accessoires dans le raffinage.

Chlorure de potassium.	6 millions
Sulfate de potasse	3 —
Soude	4 $^1/_2$ —

C'est donc 19 millions de kilogrammes de potasse que la France peut produire annuellement dans des conditions normales; quand ce chiffre n'est pas atteint, comme il ne le sera pas en 1878, les usines chôment forcément.

La France ne peut consommer plus du tiers environ de sa production. En effet, on peut compter en France environ 70 savonniers en savons mous, dont la consommation moyenne maximum est pour chacun de 60,000 kilogrammes par an, ou, chiffres ronds, 4 millions de kilogrammes pour la consommation totale; en ajoutant 3 millions pour les cristalleries et les autres petites industries qui en consomment (fabriques de prussiate, de bichromate, etc.) on n'arrive encore qu'à 7 millions; c'est donc 12 millions de potasse qui s'exportent principalement en Belgique, en Angleterre, en Allemagne, en Hollande, dans la proportion suivante :

4	millions pour	la Belgique.
3	—	l'Angleterre.
1	—	la Hollande.
4	—	l'Allemagne.

Notre exportation ne rencontra dans son essor aucun obstacle sérieux jusqu'en 1877; elle ne trouvait devant elle que la potasse de Russie qu'elle refoulait sans grands efforts, à mesure que les industriels appréciaient la qualité de nos potasses indigènes, dont le prix était du reste plus avantageux. Le gisement de Strassfürt, véritable épouvantail des fabricants de potasse depuis 1861, ne produisait pas de carbonate, et trouvait un écoulement suffisant dans la fourniture au monde entier, du chlorure de potassium nécessaire à la fabrication du salpêtre par la décomposition du nitrate du Pérou. La raffinerie française avait été atteinte dans ses bénéfices, par la baisse des sels neutres qu'elle produit, mais non dans l'écoulement de son carbonate. L'Allemagne lui achetait des quantités énormes de potasse, et certains négociants de Cologne accaparaient des fabrications entières qu'ils distribuaient non-seulement dans leur pays, mais en Hollande et en Angleterre, préparant ainsi les marchés divers pour leur propre fabrication.

A partir de 1876 plusieurs usines s'établirent en Allemagne pour transformer les sels de Strassfürt, et le marché de ce pays commença à se fermer pour nos raffineries; cette situation ne fit que s'aggraver en 1877 et 1878, elle a des conséquences d'autant plus déplorables que les raffineries françaises, habituées de vendre en Hollande et en Angleterre par l'intermédiaire de

négociants allemands, durent chercher dans ces pays les relations commerciales qu'elles avaient complétement négligé de se créer à l'époque de prospérité ; de là, les stocks énormes de fin 1877 et commencement 1878 qu'il fallut écouler à des prix ruineux (1).

La concurrence allemande est certainement fort dangereuse et ne fera qu'augmenter si les chlorures de Strassfürt peuvent, et cela ne fait aucun doute pour nous, se vendre avec bénéfice au prix actuel de 14 francs les 100 kilog. purs; ce cours permet en effet de vendre le carbonate de potasse provenant de leur transformation a 45 centimes environ.

Dans ces conditions cependant la lutte est encore possible pour les potasses françaises; mais il est de toute nécessité que les prix pratiqués sur les années dernières puissent baisser, tout en laissant le bénéfice rémunérateur que toute industrie doit retirer de son exploitation. Il faut en un mot que la potasse ne dépasse pas le prix de 45 à 50 centimes le kilogramme, afin de pouvoir supporter des frais de transports lointains qui lui assurent de nouveaux débouchés, afin de contenir aussi la fabrication allemande, qui prendra d'autant moins d'extension que les prix de vente seront plus faibles.

La hausse des potasses n'étant pas possible, c'est donc dans la baisse acceptée franchement qu'il faut chercher le salut. On doit alors s'appliquer à diminuer les frais généraux des usines de production et des raffineries, pour que la moins value produite pour la baisse n'enlève pas les bénéfices de la fabrication.

Les distillateurs sont obligés d'évaporer leur vinasse et produiront toujours des potasses brutes, mais il peuvent faire cette opération avec plus au moins de frais. Actuellement, une distillerie évaporant avec un four Porion ou un autre similaire, dépense, pour produire 3000 kilog. salins par 24 heures, environ 300 francs qui se répartissent ainsi :

1400 kilog. charbon à pied d'œuvre à 16f	224
Main-d'œuvre.	35
Amortissement des fours	10
Réparations, entretien.	15
Autres frais généraux	16
	300

En supposant le prix net du salin (escompte et chargement déduits) à 40 centimes, et sa richesse à 30 % en moyenne, le produit par jour sera :

$$3000 \times 0,30 \times 0,40 = 360 \text{ francs.}$$

L'évaporation des vinasses donne donc encore 60 francs de bénéfice net par jour au distillateur; mais en utilisant la chaleur dégagée par l'incinération des vinasses au chauffage d'un générateur, et en se servant de la vapeur produite pour l'évaporation des vinasses dans des appareils à multiples effets, comme dans les fours Romein et Collot, on peut au minimum diminuer de moitié la consommation du combustible et produire de ce fait une économie de plus de 100 francs par jour; le bénéfice total ressortirait alors à 160 francs.

Rappelons aussi que la vinasse contenant beaucoup de matières azotées, il est possible de condenser l'ammoniaque qui se dégage pendant l'incinération; les fours dont nous parlons ci-dessus se prêtent aussi fort bien à cette condensation. Car a notre avis, la calcination des vinasses après leur évaporation en vue de l'extraction de l'ammoniaque ne peut, industriellement, s'opérer

(1) Ce qui prouve que nombre d'industriels français qui continuent à employer des allemands, au grand dommage de leurs compatriotes, tout en agissant tout d'abord en propres égoïstes et d'une façon anti-patriotique, préparent en même temps la ruine de leurs successeurs. (*Note de l'Editeur.*)

en vases clos, dans des cornues à gaz par exemple; l'installation coûteuse et la main d'œuvre considérable, que nécessiterait cette opération, ne seraient pas compensées par les bénéfices résultant d'une condensation plus parfaite. Il nous semble préférable d'opérer la calcination dans des fours spéciaux, et réducteurs, et de diriger ensuite tous les produits de la combustion dans une chambre de condensation, dans laquelle les gaz seraient lavés par une dissolution de sulfate de fer projetée en pluie fine, au moyen d'agitateurs à palettes.

Les essais que nous avons entrepris nous ont démontré que l'on pouvait recueillir 400 kilogrammes de sulfate d'ammoniaque, pour une fabrication de 3000 kilogr. salins par jour, par ce procédé aussi simple que peu couteux.

Il ressort de ces considérations, que les fabricants de potasse brute peuvent parfaitement supporter la baisse des potasses; nous allons démontrer que la raffinerie elle-même, en achetant les salins au prix qui nous a servi de base pour l'établissement du compte de fabrication de la potasse brute, soit 40 centimes prix d'achat, ou 45 centimes prix de revient dans les magasins, peut vendre la potasse raffinée au même prix, parce qu'elle trouve dans l'extraction des sels : chlorures, sulfates et soude, une rémunération suffisante pour couvrir tous les frais généraux et assurer un bénéfice raisonnable.

Travailler au pair, c'est-à-dire vendre la potasse raffinée au prix d'achat de la potasse brute, n'était certes pas chose difficile ces années dernières, aux cours élevés de la soude et des sels neutres. Ces sels ayant naturellement suivi la baisse du carbonate, et la soude, par la concurrence des produits du procédé Solvay, étant tombée de 36 francs, cours de 1877, à 22 en 1878, le raffinage au pair est désormais impossible pour les anciennes usines, en général mal outillées et travaillant à feu nu; il ne peut-être lucratif que pour des installations nouvelles et surtout pour des raffineries annexées aux distilleries qui produisent au moins 3000 kilogrammes de salins par jour.

Voici le compte de fabrication d'une raffinerie fondant par jour 8000 kilog. de salins, pour une année de marche de 300 jours.

FRAIS GÉNÉRAUX.

Amortissement de l'usine, 10 °/₀ sur 175,000ᶠ	17.500
Intérêts, 6 °/₀ sur le coût de l'usine	10.500
Intérêts, 6 °/₀ sur le fond de roulement de 200,000ᶠ	12.000
Patente et contributions diverses	1.200
Direction, ou frais d'un gérant associé	5.000
2 contre-maîtres et 2 surveillants	5.000
1 comptable	2.000
Frais de reconnaissance des salins	2.000
Déchargement de 2.400 tonnes à 1ᶠ	2.400
Transport de 2.400 tonnes à 2.50 en moyenne	6.000
Courtage de 2.400 à 20 centimes °/₀	4.800
ou par tonne	69.400

$$\frac{69.400}{2.400} = 28 \text{ francs } 92 \text{ centimes par tonne.}$$

FRAIS DE FABRICATION

Entretien de l'usine, et réparations	8.000ᶠ
Petit matériel — clous, etc.	4.000
Emballage, futs et sacs, 60 cent. °/₀ k. sur 2.000.000 kilog. =	12.000
Charbon 3.000 tonnes à 150ᶠ	45.000
Main-d'œuvre 50 ouvriers à 3ᶠ	45.000
	114.000

$$\frac{114.000}{2.400} = 47.50 \text{ par tonne.}$$

Soit au total par tonne de salins, en ajoutant les frais généraux et les frais de fabrication (28,92 + 47,50) 76 francs 42.

Ce chiffre représente la moyenne d'une longue pratique, et peut être regardé comme exact pour la plupart des usines anciennes ; si quelques praticiens indiquent des frais moins élevés, c'est qu'ils ne comptent pas d'amortissement, d'appointements de gérance et d'intérêt d'argent; ce chiffre de 76f 42 doit être encore majoré de la perte de carbonate de potasse assez importante, que l'on peut évaluer, pour une raffinerie *non annexée à une distillerie*, à 10 %, soit pour 2400 tonnes à 30 % de carbonate.

$$\frac{2400,30}{10} = 72 \text{ tonnes carbonate pur.}$$

En comptant ce carbonate au prix d'achat, 40 centimes, nous avons donc encore une perte à enregistrer de 28,800 francs, ou par tonne,

$$\frac{28,800^{f}}{2400 \text{ tonnes}} = 12 \text{ francs par tonne.}$$

En résumé le prix de revient définitif du raffinage d'une tonne de salins est de 28.92 + 47.50 + 12 = 88f 42 centimes.

Examinons maintenant ce que rapporte le raffinage de salins.

Nous n'avons pas à nous occuper du prix de vente du carbonate de potasse puisque nous supposons un raffinage au pair ; le carbonate de potasse raffiné est estimé au prix d'achat; les frais de raffinage et le bénéfice doivent être couvert par l'extraction des sels neutres et du carbonate de soude.

Un salin a 30 % de carbonate contient 50 % de sels et 20 % d'humidité et d'insolubles. Au cours actuel, si le carbonate, comme nous le supposons, reste à 45 cent, la moyenne des sels ne peut se calculer à plus de 18 fr. pour cent kilogr.; or comme le raffinage en retire 45 kilogr. sur les 50 que contenait le salin, le produit de leur extraction sera de 45 × 0.18 ou 8.10 par cent kilogrammes, ou 81 francs par tonne. La dépense de raffinage étant de 88.42, la perte pour les raffineries travaillant actuellement au pair est au minimun de 7 francs 42 centimes par tonne. —

Des économies de charbon et de main-d'œuvre pourraient peut-être combler cette perte ; et pour que la raffinerie ne disparaisse pas, il faut non seulement qu'elle puisse végéter, mais encore qu'elle procure des bénéfices sérieux : ce résultat peut être atteint par un changement radical dans l'exploitation de ce produit.

Les grandes raffineries ne travaillent pas en général plus de 8 ou 10,000 kilogr de salins par jour, beaucoup ne font que 4 à 5000 kilogrammes ; aussi, toutes en général sont écrasées par les frais généraux, qui sont d'autant plus onéreux qu'ils s'appliquent à un chiffre moins élevé de fabrication; ces frais absorbant les bénéfices il importe de les diminuer dans la mesure du possible ; le moyen certain d'y arriver, *c'est de faire du raffinage de potasse le complément indispensable des fabriques de potasse brute.*

Toutes les distilleries importantes produisent environ 4000 kilogrammes de potasse brute par jour d'une façon continue ; cette quantité étant plus que suffisante pour être travaillée sur place par le distillateur lui-même, nous allons voir combien cette combinaison peut changer le prix de revient du raffinage.

En établissant précédemment le compte de raffinage des potasses, nous avons calculé, à part et à dessein, les frais généraux proprements dits, dont le montant s'est trouvé de 28f,2 centimes par tonne de salins ; or, si on examine en détail tous les articles qui concourent au total de ces frais, on voit clairement

qu'ils ne peuvent atteindre le distillateur raffineur. En effet, à part un supplément de matériel que nous estimons à 25,000 francs, le distillateur n'a pas besoin d'une nouvelle usine; les magasins à potasse à la vapeur brute suffisent ordinairement pour une raffinerie à la vapeur; en tous cas, une petite annexe coûterait fort peu de chose, car la distillerie possède déjà ce qui constitue une véritable usine (terrain, cours, cheminées, générateurs, machines, etc., etc.), et absorbe, en constructions, la plus forte partie des capitaux. La direction est la même, la surveillance aussi; il n'y a plus besoin de fonds de roulement puisque les produits sont travaillés à mesure de leur production; plus de transports, de déchargements, de courtage et de reconnaissance; en un mot, on peut déduire du coût de fabrication les 28f,92 qui sont au passif de la raffinerie isolée, moins environ 4 francs par tonne pour frais d'amortissement et intérêt du matériel annexé, ce qui donne encore comme économie (28f,92 — 4) 24f,92 centimes par tonne. En ajoutant les économies résultant du montage à vapeur, ou de tout autre équivalent, on peut encore réduire, au minimun de 12 francs, les frais de fabrication, en consommant moins de charbon, en employant moins de main-d'œuvre; nous pourrions facilement le démontrer si nous ne craignions d'entrer dans des longueurs toujours fatigantes.

Le raffinage doit donc devenir, forcément, le complément de la fabrication des salins; car plus la baisse s'accentuera, plus le distillateur sera forcé de réunir les deux bénéfices de l'évaporation des vinasses et du travail des salins obtenus. Le prix de fabrication, que nous estimions de 88f,42 par tonne, en sera plus alors que de 51f,50 (88f,42 — 24f,92 — 12); ce prix, déduit de la valeur des sels retirés, laissera un large bénéfice de 30 francs par tonne (81f,50 — 51f,50).

Une industrie pouvant, par des modifications dans sa manière d'être exploitée, diminuer dans une large mesure le prix de revient de ses produits, est encore assurée d'une longue prospérité et peut lutter avantageusement contre la potasse de transformation des sels de Strassfürt; à moins de procédés complétement nouveaux, la potasse de transformation ne peut descendre en dessous de 40 ou 45 centimes, prix qui a servi de base à tous nos calculs.

Produits exposés. — La fabrication des potasses de betteraves est représentée par un grand nombre d'exposants français, dont les vitrines contiennent toute la série des sels de potasse et de soude. Pour être juste, nous devons déclarer que quelques exposants présentent des produits qu'ils ne fabriquent jamais, et des échantillons trop flattés qui ne correspondent nullement aux types réels de leur fabrication courante; cependant, quelques maisons, et des plus importantes, ont exposé les produits qu'elles fabriquent réellement.

Il y a peu, pour ainsi dire, d'améliorations à signaler dans les produits provenant soit des vinasses, soit du raffinage des salins; tous tendent de plus en plus vers un degré de pureté très-élevé; par exemple, les soudes titrent jusque 91 degrés alcalimétriques, qui représentent 98.28 de carbonate de soude; les potasses de transformation arrivent au 94 % de carbonate de potasse; et nous pouvons affirmer que ces produits, d'une pureté presque absolue, se fabriquent journellement dans les usines de potasse du Nord.

La plus grande raffinerie de France est celle de de MM. Dècle et Cie à Saint-Quentin; les produits exposés qui représentent les types courants fabriqués par l'usine sont magnifiques; cette usine a obtenu *une médaille d'or* bien méritée.

Pour montrer toute l'importance d'une grande raffinerie de potasse, nous donnerons quelques détails sur l'usine de MM. Dècle et Cie, ancienne usine Robert de Massy et Dècle; ces détails sont empruntés à la notice qui accompagnait leur exposition.

L'industrie des usines de Rocourt (près Saint-Quentin, Aisne) est la fabrica-

tion de l'alcool raffiné et des carbonates de potasse et de soude, au moyen des mélasses de sucrerie indigène. Les procédés employés sont tous connus, mais nous rappelons que c'est à Rocourt que cette industrie a été créée par M. Robert de Massy, en 1834. (Jusqu'alors la mélasse ne servait que d'engrais.) C'est également à Rocourt que se sont élevés les premiers fours destinés à retirer les sels alcalins des résidus, et si M. Robert de Massy a partagé avec M. Dubrunfaut (qui d'autre part arrivait en même temps que lui au même résultat) la gloire d'avoir, en France (et dans des résidus jusqu'alors dédaignés et rejetés), trouvé des produits qu'on allait chercher à l'étranger, il a eu seul le mérite d'avoir su rendre industriels les procédés de fabrication, et de les appliquer sur une vaste échelle.

L'usine de Rocourt est la plus ancienne distillerie de mélasse de l'Europe, et elle en est restée la plus grande et la mieux outillée.

Citons quelques chiffres à l'appui :

5 Citernes à mélasse.	Contenance :	7,995,000	litres.
13 Cuves à fermentation	—	1,648,000	—
Appareils de distillation. . .	—	160,900	—
2 Réservoirs d'eau.	—	1,100,000	—
19 Générateurs (de 75 chevaux).	—	1,425	chevaux.
Etc., etc.			

Consommation.

Mélasse.	Par jour :	120,000	kil.
Salins, diverses provenances.	—	21,000	—
Charbon	—	98,000	—
Eau.	—	4,200,000	litres.
Levure.	—	3,000	—
Grains	—	6,000	—

Production.

Alcool (96°)	Par jour :	31,500	litres.
Salins de Rocourt	—	14.000	kil.
Carbonate potasse.	—	11,500	—
Carbonate soude.	—	6,500	—
Chlorure potassium.	—	4,800	—
Sulfate potasse.	—	4,000	—
Engrais alcalins.	—	7,000	—
Huiles essentielles	—	65	litres.

L'usine de Rocourt occupe une superficie de plus de 13 hectares sur un terrain en pente naturelle, de sorte que les matières premières et produits intermédiaires liquides se rendent automatiquement aux divers appareils chargés de leur élaboration. Les citernes sont couvertes par de vastes magasins qui contiennent *soixante mille tonneaux destinés au transport des mélasses.* Les charbons (provenant du nord de la France et du Pas-de-Calais) arrivent par voie d'eau jusque dans l'usine. Des grues roulantes les transportent directement des bateaux aux foyers des générateurs.

L'usine comprend encore, outre le vaste matériel indiqué ci-dessus, une tonnellerie (120 tonneliers), une usine à gaz, des ateliers de constructions et de réparations de toutes sortes, chaudronnerie en cuivre et en fer, forges, menuiserie, charpente, charronnerie, robinetterie, rinçage à la vapeur, etc., etc. De plus, 26 hectares de marais situés en face de l'usine servent à recevoir les divers résidus et machefers, et 11 hectares ont été ainsi rendus successivement à la culture.

Le personnel est de 300 à 400 ouvriers employés.

Si l'usine de Rocourt tient le premier rang par son importance, elle ne le tient pas moins par la supériorité de ses produits. Tout l'alcool de Rocourt, 31,500 litres par jour, est employé à faire des liqueurs de table, et sa réputation le fait rechercher par les fabricants de tout le Midi de la France, sans pouvoir satisfaire à toutes les demandes.

Quant aux produits chimiques, sa supériorité est incontestable et incontestée, et il n'est pas une grande cristallerie de France, d'Alsace et de Belgique, qui ne soit sa tributaire pour ses cristaux les plus remarquables.

Les produits exposés, absolument commerciaux, en font foi, ainsi que les cristaux de l'Exposition universelle.

Les salins, quoique parfaitement calcinés, contiennent encore du charbon, ce qui les rend poreux et facilement lessivables, ils fournissent ainsi des lessives d'une grande pureté. En outre, l'usine obtient des résidus que leur légèreté fait rechercher comme amendement pour les terres fortes, en même temps que leur porosité, leur puissance d'absorption des gaz et leur alcalinité en font des assimilateurs et des engrais de premier ordre.

Les soudes sont de parfaite blancheur et pureté.

Quant aux potasses, leur qualité défie toute concurrence. Trois types de richesse différente sont exposés, *depuis 78 p. 100 jusqu'à 93 p. 100, mais aussi purs les uns que les autres, et ne différant que par la quantité d'eau contenue.*

Analyse des trois types exposés.

MATIÈRES.	1 POTASSE calcinée.	2 POTASSE calcinée hydratée.	3 POTASSE hydratée cristallisée.
Carbonate de potasse	92,25	85,79	80,50
Carbonate de soude	1,56	1,27	1,26
Chlorure de potassium	3,20	3,15	3,10
Sulfate de potasse	1,67	1,83	1,85
Eau	0,76	6,82	12,07
Résidu	0,27	0,24	0,18

La vitrine de M. Porion (médaille d'or, croix de la Légion d'honneur), distillateur raffineur à Vardrecques, (Pas-de-Calais), renferme quelques produits nouveaux que nous devons signaler.

1° Des cubes, de 5 centimètres de côté, de carbonate de soude moulé, dont nous n'apercevons pas l'importance industrielle, sont cependant destinés aux ménagères pour remplacer avantageusement les cristaux de soude. Ils sont excessivement purs et nous en donnons ci-dessous l'analyse ; l'industrie n'a aucun intérêt à employer ce produit dont le prix ne peut qu'être grevé par les frais de moulage.

Carbonate de potasse	0,24
Carbonate de soude	75,50
Chlorure de potassium	0,32
Eau	23,94
	100,00

2° Des engrais de vinasse, dont voici les compositions :

	Type n° 1.	Type n° 2.
Vinasse à 33°	100	100
Nitrate de soude	6	6
Chaux vive	40	40
Phosphates	16	36

Un troisième type destiné à la vigne est disposé comme suit :

Vinasse à 33°	100
Chaux vive	82
Phosphates de chaux précipités	12
Sulfure de calcium	18

Cette composition est ensuite mélangée avec 18 °/₀ de sulfure de carbone pour produire des sulfocarbonates.

La vitrine de M. Vincent (médaille d'or), chimiste, contient des produits très-intéressants, extraits de la distillation en vases clos des vinasses évaporées à 45°, dont nous avons parlé plusieurs fois; citons le sulfate d'ammoniaque, le chlorhydrate de tri-méthylamine et l'alcool méthylique.

Toutefois, le produit le plus intéressant de toute l'exposition des fabricants de potasse, c'est la potasse caustique industrielle à l'état solide. Jusqu'à ce jour, la potasse caustique n'était connue que comme produit de laboratoire, c'est depuis un an seulement que la Société anonyme de Croix la livre au commerce à des prix relativement avantageux. Cette innovation ne peut qu'être bien accueillie par les petits savonniers dont le travail, en employant cette potasse, sera singulièrement simplifié, puisqu'ils n'auront plus à caustifier leurs lessives avant d'opérer la saponification de leur huile.

Nous bornerons là nos observations relatives à l'exposition des produits de la fabrication, pour signaler immédiatement les appareils nouveaux qui peuvent être employés avantageusement.

Appareils nouveaux. — Comme appareils d'évaporation nous n'avons rien rencontré de nouveau, et nous restons persuadé que nos appareils évaporateurs à effets multiples et à tubes emboutis, sans joints en contact avec le liquide, constituent le meilleur système connu pour les dissolutions salines; ces appareils n'ont pu figurer à l'Exposition, car nous étions liés par un contrat, heureusement terminé, qui en réservait à un tiers l'application exclusive. Nous allons rendre compte de tous ceux que nous avons rencontrés.

La *Méthode d'évaporation Caillas* (mention honorable) n'a absolument rien de neuf; c'est une contrefaçon du procédé Porion ; elle consiste à faire tomber en pluie fine la dissolution (vinasse, eaux de lavages, etc.) au-dessus d'une vaste chambre d'évaporation dans laquelle passent tous les gaz chauds, le liquide remonte de lui-même, sous la pression des gaz injectés par un ventilateur puissant, et présente ainsi une surface de chauffe indéfinie. Le four Porion met le liquide en contact continuel avec les gaz chauds, au moyen d'agitateurs à palettes; le résultat est le même, les moyens employés pour l'obtenir diffèrent seuls.

Perfectionnements aux *fours à évaporer* par E. Rabot, docteur es sciences. Nous pensons que l'auteur exagère les résultats de sa méthode, qui consiste dans la destruction complète des gaz odorants produits par les papeteries, potasseries, lavages de laine, etc. En général la grande industrie se préoccupe peu de l'odeur dégagée par l'incinération des matières organiques, car elle n'est pas insalubre et ne donne passouvent lieu à des plaintes fondées de la part des

voisins; cependant, quand les usines se trouvent au milieu d'agglomérations nombreuses, il peut être urgent de s'occuper spécialement de la destruction des gaz odorants ; dans ce but nous allons décrire la méthode Rabot avec quelques détails; nous laisserons parler l'auteur en extrayant quelques passages de la description de sa méthode au conseil d'hygiène de France :

La destruction des gaz chargés de carbone en excès et de produits pyrogénés a été jusqu'ici à peu près impraticable dans les grandes usines, malgré les nombreux appareils qui existent en Angleterre, en France et en Allemagne.

Théoriquement, le résultat semble facile à obtenir ; cependant les conditions nécessaires pour y arriver donnent lieu à des tâtonnements, des recherches, des essais coûteux, rencontrant des difficultés qu'on n'avait pu vaincre d'une manière satisfaisante.

Lorsque l'on n'a que des traces de matière charbonneuse à faire disparaître, venant directement du foyer, on peut se contenter d'un à peu près; en effet, il y a perte de combustible et de calorique, il n'y a pas insalubrité.

Mais si les gaz produits ne viennent pas du foyer, s'ils sont le résultat du traitement des matières organiques ; s'ils sont odorants, désagréables, assez prononcés pour agir sur les organes respiratoires, même à de grandes distances, et déterminer un sentiment de gêne et de suffocation qui, dans certains cas, peut être nuisible, il y a nécessité d'arriver à la destruction complète de ces gaz.

La difficulté est alors plus grande, et jusqu'à ce jour tous les moyens employés avaient donné des résultats à peu près négatifs.

Les expériences faites sur les produits de la combustion des matières organiques ont fait voir que les gaz les plus odorants et désagréables ne peuvent être absorbés ni condensés.

Chaque fois que la combustion donne lieu à des hydrocarbures complexes du type $C^n H^2 n + n$, on a des dégagements très-odorants, infects, tout à fait incoercibles par les condensateurs qui ne retiennent que des traces de goudron et de matières bitumineuses. L'analyse des gaz nuisibles dégagés par les usines et répandus dans l'atmosphère est donc indispensable si l'on veut arriver à leur destruction ; en un mot, pour réagir sur une matière, il faut commencer par l'étudier. C'est ce qu'a fait M. Rabot, après avoir reconnu la composition des gaz odorants et insalubres qui se dégagent des usines, il a déterminé par l'analyse ceux qui peuvent être condensés, et ceux qui échappent à la condensation.

Nous n'insisterons pas sur les premiers, les moyens de condensation étant simples et facilement applicables.

Quant aux seconds, il fallait trouver le moyen de les détruire, c'est l'analyse qui a conduit au système économique et essentiellement pratique pour lequel M. Rabot a pris des brevets.

Les gaz incoercibles qui se dégagent des cheminées des usines peuvent se diviser en deux classes.

Ceux qui sont combustibles par eux-mêmes.

Ceux qui ne le sont pas.

Les premiers sont facilement détruits : il suffit de les faire arriver dans le foyer avant de les rejeter dans la cheminée d'appel.

Pour les seconds, c'est tout autre chose ; c'est cette facilité apparente de combustion qui a été la cause de nombreuses et infructueuses tentatives dans les cas bien plus fréquents où les gaz ne sont pas combustibles par eux-mêmes.

En effet, on s'apercevait qu'après leur passage dans le foyer les gaz étaient aussi infects, et l'on était conduit à établir plusieurs foyers superposés, à travers lesquels on faisait passer les gaz qui avaient échappé au premier. Le résultat était nul au point de vue de l'assainissement et la dépense en combustible était considérable.

De nombreuses observations faites sur la fulmivorité et sur le chauffage par les hydrocarbures liquides, jointes aux analyses des gaz odorants dégagés dans les papeteries, potasseries, etc., ont amené M. Rabot à la connaissance des faits suivants, contrôlés au moyen d'un appareil spécial, brûlant des hydrocarbures liquides :

1° Les gaz non combustibles par eux-mêmes ou les mélanges qui en contiennent ne peuvent être détruits par leur passage dans un foyer, à quelque température que ce soit :

2° Ces gaz, lors même qu'ils contiennent de l'oxigène, ne sont pas suffisamment oxygénés pour brûler seuls l'hydrogène et le carbone qui dominent dans leur composition :

3° Pour les détruire complétement et les transformer en composés exempts d'odeur désagréable et insalubre, il faut les mélanger aussi intimement que possible avec de l'oxigène en excès, sans abaisser leur température.

4° Il faut connaître approximativement la quantité de gaz produit dans un temps donné, la composition de ces gaz et la vitesse du courant au sortir des fours.

Telles sont les données principales sur lesquelles s'appuie la construction de cet appareil, qui peut s'adapter à tous les fours dans lesquels on traite des matières organiques.

Les gaz au sortir du four proprement dit sont envoyés dans une chambre spéciale, dite chambre de combustion, dont les dimensions sont calculées d'après la dimension des foyers et la quantité des gaz produits.

Cette chambre, avec un système de carneaux, dans lesquels s'achève, au moyen d'un régulateur, la combustion complète des composés hydrocarbonés de la fumée, constitue un appareil qui s'adapte sans grands frais à tous les fours usités pour les papeteries, potasseries, lavages de laine, etc.

Il peut s'appliquer à toutes les industries qui, par l'action du feu sur les matières organiques, produisent des gaz insalubres ou incommodes.

La destruction des gaz dans la chambre de combustion et dans les carneaux fumivores est due bien moins à la température des gaz eux-mêmes qu'à celle qui se produit par leur combinaison avec l'oxygène de l'air arrivant à une température suffisante.

Le résultat est ainsi acquis sans aucune dépense de combustible auxiliaire, par le seul fait du mélange intime des gaz, et de l'oxigène en proportion voulue, dans un milieu qui n'abaisse pas leur température et ne fait au contraire que la régulariser.

Les gaz produisent par leur combustion une quantité de calorique considérable qui permet de faire sur le combustible ordinaire une très-notable économie, dont il est facile de se rendre compte.

En effet, toute la théorie de la combustion des gaz repose sur les faits suivants :

1° Un volume de vapeur de carbone dont la combustion produit deux volumes d'acide carbonique dégage une quantité de chaleur représentée par 8,080 unités, c'est-à dire la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1 degrés la température de 8,080 fois son poids d'eau.

2° L'expérience démontre également que deux volumes d'oxide de carbone C O, qui contiennent un volume de vapeur de carbone C, s'unissant en brûlant à un volume d'oxigène O, donnent ainsi deux volumes d'acide carbonique CO^2 et dégagent 5.677 unités de chaleur. Par conséquent un volume de vapeur de carbone C en se transformant en oxide de carbone C O a dégagé une quantité de chaleur représentée par 8.080 — 5,677 = 2.403 unités de chaleur. Ces réactions se produisent précisément dans la chambre de combustion du four Rabot ; en

effet, il fait passer dans cette chambre chauffée au rouge du carbone et de l'oxigène en proportion convenable pour former de l'oxide de carbone et de l'acide carbonique: or, un volume d'acide carbonique qui correspond à $1\ ^1/_2 (CO^2)$ dégage $\frac{8,080}{2}$ unités de chaleur, soit 4,040.

Ce même volume d'acide carbonique rencontrant de la vapeur de carbone à une haute température, s'unit avec elle; un volume de vapeur de carbone se trouve brûlé, et il se forme deux volumes d'oxide de carbone, lesquels, en brûlant, produisent deux volumes d'acide carbonique et dégagent 5.677 unités de chaleur.

Ainsi donc, par ces combustions s'opérant simultanément, deux volumes de carbone C produisent $4.040 + 5,677 = 9,717$ unités de chaleur. C'est ce calorique qui est utilisé, tandis qu'il est absolument perdu quand les gaz ne sont pas détruits.

Nous ne faisons pas entrer dans ces calculs la quantité variable d'hydrogène qui, par sa combustion, donne aussi une quantité de calorique considérable et assure en même temps la destruction des produits odorants.

Tous ces gaz infects sont en effet très-hydrogénés; et l'hydrogène entrant dans une combinaison nouvelle en assure la destruction.

La fumée sortant des fours Porion et autres, modifiés par l'appareil Rabot, a été analysée, et le résultat démontre d'une façon évidente la detsruction de tous les gaz odorants ou insalubres.

Voici la moyenne de composition des gaz au sortir des fours modifiés.

Acide carbonique	14
Oxigène	12
Azote } Vapeur d'eau }	74
	100

L'appareil Rabot a été appliqué en 1873 à la papeterie d'Essonne; depuis son fonctionnement, tous les dégagements des gaz désagréables et infects qui rendent si incommode le voisinage des fours de papeteries ont complétement disparu.

La *Machine à casser les corps durs* de Blake (fig. 20) exposée par les concessionnaires français, A. Burton et fils, est destinée spécialement à casser la pierre routière, mais elle peut s'appliquer parfaitement au cassage des salins bruts de betteraves et de transformation. Le raffineur est en effet obligé de concasser le salin en petits morceaux avant de le soumettre à l'épuisement, cette opération, tout en absorbant une main-d'œuvre assez considérable, n'est jamais bien faite. Les broyeurs ordinaires ne peuvent convenir pour cette opération, car il est de toute nécessité d'obtenir le salin en petits fragments, et non en poussière; à ce dernier état, la filtration s'opère mal, et peut même s'arrêter complétement. La machine Blake nous a semblé en tous points convenable pour atteindre le but que le raffineur se propose; elle fait peu de poussière et casse les matières les plus dures en petits cubes dont on peut faire varier la grosseur, depuis 2 centimètres de côté jusqu'à 5 centimètres. Nous avons assisté à des expériences sur la soude brute et sur des salins de betteraves très-durs et complétement coulés, elles ont fort bien réussi.

Désuintage Marix (médaille de bronze).—M. Marix, de Lille, a entrepris de tirer parti des eaux de lavage des laines de tous les petits peignages de Fourmies (Nord); il débarrasse ces eaux de toutes les matières qu'elles contiennent, et travaille ces matières dans une usine centrale, en vue d'obtenir de la potasse, des

corps gras, et enfin des sels ammoniacaux par la calcination en vase clos des matières organiques recueillies. Le désuintage, opéré dans chaque usine, n'offre rien de particulier ; il se fait dans des cuves assez hautes, par circulation d'eau de bas en haut ; les laines, au sortir des caisses de désuintage, sont pressées et renvoyées aux bacs de lavage ; les eaux de suint, recueillies dans des tonneaux, marquent 7 à 8 Baumé et sont évaporées dans l'usine centrale.

L'épuration des eaux de lavage s'opère dans une série de cuves superposées en gradins ; dans la première se déposent les matières terreuses, dans la seconde les matières grasses sont mises en liberté par l'acide chlorhydrique et viennent nager à la surface. Le magmas gras est recueilli et égoutté séparément. La 3e cuve remplie de pierres calcaires sature l'acide libre des eaux de la 2e cuve. La 4e cuve reçoit un lait de chaux pour compléter l'épuration.

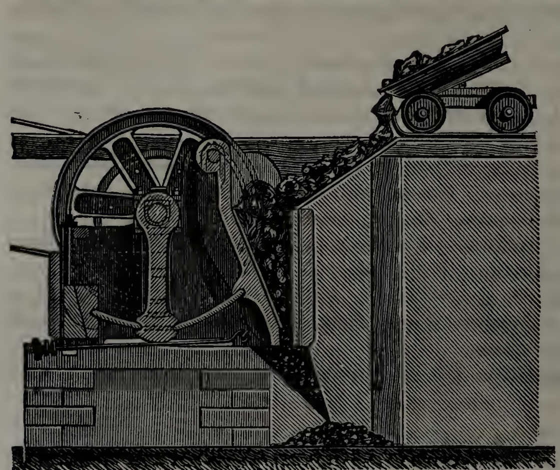


Fig. 20. — Machine à casser les corps durs.

Les eaux, après avoir passé successivement dans ces 4 cuves et y avoir subi le traitement que nous venons d'indiquer, sont très-limpides et peuvent sans aucun inconvénient être rejetées en dehors de l'usine. Tous les dépôts recueillis sont travaillés dans l'usine centrale et se transforment en produits commerciaux : Potasse, huile à graisser, huile propre à la fabrication des savons, sulfate d'ammoniaque, tourteaux de suint pour engrais, etc., etc.

L'installation Marix ne se recommande pas pour ses procédés nouveaux, car l'épuration par les acides et la chaux était connue et employée depuis longtemps, mais elle a le mérite d'avoir centralisé pour le travail les déchets de plus de 20 petites usines, et de tirer parti, au profit de l'agriculture, des résidus sans valeur, dont l'insalubrité reconnue créait souvent aux industriels des embarras sérieux.

Appareil Weibel, Briquet et Cie, de Genève (médaille d'or). Brevet Picard, pour l'évaporation sans combustible des dissolutions salées. Cet appareil, d'un mécanisme très-compliqué, nous semble d'un fonctionnement bien difficile, nous doutons fort que les données théoriques sur lesquelles il repose, se changent jamais en résultats bien pratiques ; toutefois la nouveauté d'application industrielle d'un principe connu depuis longtemps, mais qui n'a jamais donné lieu qu'à des essais infructueux, nous engage à décrire l'évaporateur Briquet avec quelques détails, en nous aidant des renseignements donnés par les constructeurs dans leur notice explicative.

Si l'appareil Picard nous semble d'un maniement difficile pour les évaporations de dissolutions qui produisent des dépôts de matières salines, il peut pour d'autres liquides donner lieu à des applications qui seraient réellement très-avantageuses dans les usines qui disposent de chutes d'eau ; c'est en vue de provoquer ces nouvelles applications que nous examinerons assez longuement

cette nouvelle méthode qui peut, dans des conditions déterminées, *évaporer un liquide sans combustible.*

Le nouvel appareil d'évaporation, inventé par M. Picard, trouve son application dans tous les cas où il s'agit de séparer par évaporation un liquide d'un résidu solide, ou de le ramener à un moindre volume sans production de dépôts.

La disposition de l'appareil doit subir quelques modifications de détails, suivant les propriétés chimiques ou physiques de la dissolution elle-même, ou du corps solide qu'il s'agit d'en séparer. Il suffira, pour faire connaître ce nouvel appareil, de décrire la forme particulière qui a été étudiée et exécutée pour l'extraction du sel de cuisine solide et de sa dissolution. Il n'est pas d'applications aussi importantes et plus intéressantes que de pouvoir fabriquer du sel avec une économie notable de combustible.

Le sel tiré de l'eau par évaporation au moyen de combustible, fournit la plus grande partie de ce qui se consomme dans les pays civilisés ; le sel marin obtenu par l'évaporation de l'eau de mer sous l'action du soleil et de l'atmosphère, ne forme qu'une faible partie de la consommation générale ; quant au sel gemme, son emploi est limité en Europe à quelques contrées peu étendues.

La fabrication du sel par évaporation consomme une quantité de combustible extrêmement considérable : un kilogramme de houille produit au plus trois kilogrammes de sel ; dans certains cas, le produit descend jusqu'à deux kilogrammes de sel.

Pour retirer le sel contenu dans une dissolution salée, on transforme l'eau en vapeur qui se dégage dans l'atmosphère, et le sel dissout se précipite sous forme solide pendant la vaporisation.

Pour produire de la vapeur d'eau à 100° avec de l'eau à 0°, par exemple, il faut d'abord dépenser 100 calories par litre pour amener cette eau à 100°, puis 530 calories pour transformer l'eau à 100° en vapeur, de sorte qu'en tout on aura dépensé 630 calories par litre d'eau vaporisée.

Les 100 premières calories s'appellent *chaleur spécifique* de l'eau à 100°; les 530 calories dépensées pendant la vaporisation s'appellent *chaleur latente* de la vapeur à 100°.

La vapeur qui s'échappe des poêles actuellement employés dans les salines, emportent donc plus de 600 calories par litre d'eau salée. Cette dépense de chaleur n'est obtenue qu'à l'aide d'une énorme consommation de combustible ; aussi peut-on dire que, dans la fabrication actuelle du sel, la vapeur qui s'échappe dans l'atmosphère constitue un résidu excessivement coûteux.

Si l'appareil, au lieu de laisser échapper de la vapeur, ne rejetait que de l'eau froide où à la même température que l'eau salée qui arrive du trou de sonde ou de la mine, on n'aurait point dépensé de chaleur pour séparer le sel de l'eau, et il serait ainsi obtenu sans aucune dépense de combustible.

Cette solution absolue du problème qui nous occupe ne peut pas être réalisée d'une manière complète dans la pratique, nous allons voir qu'on peut s'en rapprocher beaucoup.

Pour cela, il faut construire un appareil évaporatoire qui remplisse la double condition suivante :

1° La construction doit permettre de recueillir, sans aucun mélange d'air atmosphérique, toute la vapeur qui sort de l'eau salée ; cette condition n'est remplie que par un appareil hermétiquement fermé.

2° L'appareil, quoique clos, doit être construit de telle façon qu'on puisse extraire d'une manière continue et régulière le sel solide qui se précipite pendant la vaporisation.

Nous verrons plus loin comment ces deux conditions sont réalisées; mais

avant de passer à la description de l'appareil, admettons que nous ayons recueilli, sans déperdition de chaleur, toute la vapeur qui se forme au sein de l'eau salée, et voyons comment on peut utiliser la chaleur qu'elle contient.

On régénèrerait toute la chaleur latente de la vapeur (530 calories) si on pouvait la condenser entièrement au contact de surfaces mouillées du côté opposé à l'eau salée à vaporiser, car la vapeur, en se condensant, rendrait toute sa chaleur latente à l'eau salée qui l'a produite. Mais cette condensation n'aura lieu que si l'eau salée est plus froide que la vapeur qu'il s'agit de condenser.

Or, deux moyens existent pour produire cette différence de température entre la vapeur produite et l'eau salée à vaporiser :

A. *Lorsque la saline dispose d'une force motrice hydraulique*, on comprime au moyen d'une pompe ou compresseur la vapeur qui sort de la chaudière. Cette compression a pour effet d'élever la température de la vapeur, et il suffit alors de mettre celle-ci en contact avec les parois plus froides de la chaudière même qui l'a produite, pour la condenser entièrement. On fait ainsi rentrer dans l'eau salée toute la chaleur latente que la vapeur a absorbée en se formant.

B. *Lorsque la saline ne dispose pas d'une force hydraulique*, on ne peut pas élever la température de la vapeur par une compression, mais on conduit la vapeur produite au moyen de combustible dans une première chaudière, contre les parois d'une seconde chaudière qui contient de l'eau salée plus froide que la première.

La vapeur qui se produit dans cette seconde chaudière est mise en contact avec les parois d'une troisième chaudière plus froide que la seconde, et ainsi de suite.

Chaque chaudière, dans ce cas, régénère la chaleur latente de la vapeur de la chaudière précédente. Cette disposition n'est que l'application aux salines des *appareils à effets multiples* employés depuis longtemps dans les distilleries et les sucreries.

Enfin, dans l'un et l'autre des cas A et B, la vapeur, une fois condensée, se trouve à l'état d'eau chaude dont la chaleur spécifique doit aussi être régénérée ; pour cela, l'eau de condensation chaude, avant d'être rejetée, sert à réchauffer au moyen d'un réchauffeur l'eau salée froide destinée à alimenter la chaudière. La chaleur spécifique de l'eau de condensation rentre ainsi dans l'appareil.

Dans la fabrication du sel on attache une grande importance à conserver à ce produit une forme cristalline définie ; le sel est recherché du consommateur s'il présente des grains brillants à angles vifs. Pour réaliser ces conditions, il importe que le sel, en se formant, ne s'attache pas aux surfaces de chauffe sous forme de croûte qu'on serait obligé de désagréger ; il faut que les cristaux puissent se former et se développer librement à l'état de suspension.

Dans ce but, on a séparé le chauffage de la dissolution de son évaporation (planche II). Ce chauffage a lieu dans un vase AA, dans lequel la dissolution rencontre des surfaces chauffées par la vapeur. Dans un vase distinct A'A', dans lequel règne une pression moins élevée que dans AA, a lieu la vaporisation de l'eau, et par suite la précipitation d'une quantité correspondante de sel. Cette vaporisation s'opère par la chaleur que le liquide a reçue dans le vase AA.

La dissolution qu'il s'agit d'évaporer circule constamment de la chaudière AA à la chaudière A'A', et inversément. On peut obtenir cette circulation au moyen d'une pompe ; mais l'expérience a démontré qu'il était difficile d'en obtenir une marche régulière pour traiter une dissolution saturée portée à sa température d'ébullition ; la moindre variation de pression produit la vaporisation de la dissolution, et par suite la précipitation d'une certaine quantité de

sel; le moindre refroidissement de la dissolution occasionne également le dépôt d'une croûte de sel, qui adhère aux parois. Ces causes de perturbation ont conduit à abandonner tout système de pompe et à produire la circulation au moyen d'un autre organe que nous décrirons plus bas.

Quel que soit le moyen employé pour produire la circulation de la dissolution saturée chaude, celle-ci est prise dans la chaudière de vaporisation A'A' et amenée dans la chaudière d'échauffement AA, dont elle traverse les tubes; elle s'engage ensuite dans le tuyau Z, qui la ramène à la chaudière A'A', où elle pénètre en franchissant un orifice resserré O, dont la section peut être réglée par un cône ou une aiguille mobile.

La vapeur qui remplit l'espace compris entre les tubes de la chaudière AA, s'y condense, et sa chaleur se transmet à travers les parois des tubes pour échauffer la dissolution qui circule, comme nous l'avons dit, dans l'espace tubulaire de la chaudière AA.

Le liquide est maintenu, pendant son échauffement, sous une pression qui en retarde la vaporisation, de telle sorte qu'il ne puisse pas déposer de sel. On détermine le degré de pression sous lequel l'échauffement a lieu, en faisant varier, dans des limites convenables, la section de l'orifice O du jet et la manœuvre de l'appareil de circulation.

On maintient dans la chaudière A' une pression inférieure à celle qui règne en A; le liquide chauffé sous pression en A entre immédiatement en ébullition en traversant l'orifice resserré O; une certaine quantité d'eau se vaporise dans le jet, le reste de la dissolution tombe à la température qui correspond à son ébullition sous la pression donnée dans le vase A'.

Une quantité de sel correspondant à celle de l'eau qui s'est vaporisée dans le jet, se précipite à l'état de sel solide et tombe dans l'eau salée concentrée chaude; les cristaux de sel en suspension descendent sur le fond de la chaudière, après s'être développés au sein de la dissolution.

Un marbre *l* traverse la chaudière A'A' dans le sens de sa longueur; des pelles gauches *hh* et une hélice *ee* sont fixées sur l'arbre *l* et animées, comme lui, d'un mouvement lent de rotation. Le sel qui s'est déposé est rassemblé par les pelles *hh* et l'hélice *e* et jeté dans le tuyau vertical FJ, où il tombe sur le tiroir H, lequel est ordinairement fermé. L'espace G, ne tarde pas à se remplir de sel; on ferme le tiroir supérieur H', puis on ouvre le tiroir H. Le sel tombe alors, en vertu de sa densité, dans la partie inférieure du tube K, où il est recueilli dans une poche en tôle, percée de trous.

Les tiroirs H et H' sont ensuite replacés dans leurs positions primitives, l'inférieur H fermé, le supérieur H ouvert.

Le sel tombe dans la poche en tôle, s'y tasse pendant quelques minutes, après lesquelles celle-ci est retirée jusque dans la partie supérieure du tuyau K, où l'égouttage a lieu pendant le temps qui s'écoule jusqu'à l'extraction suivante.

La branche montante du tube K est remplie d'eau salée concentrée, de sorte qu'il ne peut se produire aucune rentrée d'air pendant la manœuvre des vannes.

Il est facile de se rendre compte que l'extraction du sel formé dans la chaudière s'opère sans qu'il y ait eu communication de l'atmosphère avec l'intérieur de la chaudière, quelle que soit du reste la pression qui y règne.

Nous avons dit plus haut que l'ébullition qui se produit dans le jet O ne vaporise qu'une partie des liquides surchauffés sous pression; le reste tombe à la température générale du liquide dans la chaudière A'. Cette dissolution saturée, tenant des cristaux de sel en suspension, se meut lentement à travers la chaudière A', en laissant déposer le sel solide qu'elle contient; elle conserve naturellement à l'état de dissolution toute la quantité de sel que comporte sa température; c'est une solution saturée.

A l'extrémité de la chaudière, qui est opposée à l'orifice O, le liquide saturé est repris pour être ramené dans la chaudière AA, où il est de nouveau chauffé sous pression.

Nous avons dit plus haut que cette circulation pouvait s'opérer au moyen d'une pompe à mouvement rotatif ou alternatif, tout en signalant les difficultés spéciales qui s'opposent à sa marche. Ces difficultés nous ont conduits à adopter une disposition spéciale qui remplace la pompe avec grand avantage, soit au point de vue de la sécurité de la marche, soit à celui de l'économie de force motrice employée.

Un vase RR cylindrique vertical est intercalé entre les chaudières AA et AA; il est directement en communication avec la première par la tubulure *p* et se trouve relié avec la seconde par la tubulure *m* et par le tuyau de circulation *qq*.

Ces tubulures *p* et *m* sont munies, à l'intérieur du vase R, de prolongements cylindriques percés d'ouvertures rectangulaires *p'* et *m'*. Un piston *n*, animé d'un mouvement alternatif, joue le rôle d'un tiroir en couvrant et découvrant successivement les ouvertures *p'* et *m'*.

La partie supérieure du vase RR s'élève plus haut que le niveau qu'occupe la dissolution dans la chaudière A' A'. Le couvercle de RR porte deux ouvertures *r'* et *r*, dont la première communique avec l'espace de vapeur de la chaudière A', et la seconde avec celui de la chaudière A. Les deux ouvertures *r'* et *r* sont munies de tiroirs *s'* et *s*.

Le jeu du piston *n* et des tiroirs *s'* et *s* est réglé de telle façon que les ouvertures P' P soient ouvertes pendant que le tiroir *s'* ouvre la lumière *r'* et que *s*, au contraire, ferme l'ouverture *r*; dans cette position du piston et des tiroirs de la chaudière A' communique avec le vase R à la fois au-dessus et au-dessous du niveau de l'eau salée. L'équilibre s'établit entre les deux vases, et la dissolution prend dans R la même hauteur que dans A' A'. Lorsque les organes mobiles ont pris la position inverse, c'est-à-dire lorsque le piston *n* couvre les lumières P' P, et découvre *m' m'* pendant que le tiroir *s'* ferme l'ouverture *r'* et et que *s* ouvre *x*, l'équilibre s'établit entre les vases R et A et le liquide prend dans les deux le même niveau.

Il est clair que si le niveau de la dissolution est plus élevé dans la chaudière A' que dans A, la manœuvre des organes que nous venons de décrire aura pour effet de faire passer une certaine quantité d'eau salée de A' en R, puis de R en A, sans que A' et A aient jamais été en communication directe. La dissolution ne peut jamais atteindre en A un niveau aussi élevé qu'en A'. Le liquide concentré qui a passé de A' en A est soumis à l'action de la vapeur plus chaude qui emplit l'espace B compris entre les tubes; il s'échauffe lui-même et prend dans les tubes un mouvement ascensionnel, tandis qu'un courant descendant se forme dans le tuyau de circulation *qq*. La dissolution circule ainsi jusqu'à ce qu'elle ait atteint une température voisine de celle de la vapeur qui remplit l'espace intertubulaire BB; à ce moment, la dissolution forme elle-même un peu de vapeur, dont la pression a pour effet de chasser une partie de liquide salé par le tuyau *z*; ce liquide jaillit par l'orifice O dans la chaudière A' A' où il se vaporise partiellement. Par le fait qu'une certaine quantité de liquide a été chassée de la chaudière AA, il s'y produit un abaissement de niveau, qui est immédiatement comblé par le jeu continu du vase R et des organes décrits plus haut.

En même temps qu'un certain volume d'eau salée passe successivement de A' en R et de R en A, un volume égal de vapeur parcourt le même chemin en sens inverse.

La vaporisation qui a lieu dans le vase A équivaut donc à un volume de vapeur gal au volume de dissolution introduit. Cette vaporisation est trop faible pour

déterminer la précipitation d'une certaine quantité de sel, parce que la solubilité du sel dans l'eau s'accroît avec la température dans une proportion, faible il est vrai, mais suffisante pour compenser l'effet de la vaporisation.

L'échauffement ayant lieu sous la pression même donnée par la vaporisation partielle et déterminée de la dissolution, l'ébullition principale ne peut avoir lieu, qu'après que le liquide a franchi l'orifice O, où il rencontre une pression moindre; la quantité totale de chaleur, qui passe à l'état latent par la vaporisation, correspond exactement à l'accroissement de température que la dissolution a reçu dans la chaudière A, et est, par suite, égale à celle qui a passé de l'état latent à l'état spécifique par la condensation de la vapeur dans l'espace intertubulaire B de la chaudière A.

On règle la quantité de l''eau salée chauffée dans la chaudière A et son élévation de température, d'après la somme d'eau qu'il s'agit de vaporiser, quantité qui détermine elle-même le poids de sels produits.

Nous avons vu que la vapeur qui remplit l'espace B s'y condense. L'eau distillée produite par cette condensation se trouve à une température au moins égale à celle de la dissolution amenée de la chaudière A ; elle est extraite du condenseur B par un appareil connu, appelé purgeur automoteur, destiné à donner régulièrement issue à l'eau sans laisser passer la vapeur. La chaleur spécifique de l'eau de condensation est utilisée dans un réchauffeur, où celle-ci échange sa température avec l'eau salée froide qui doit servir à l'alimentation de l'appareil. L'eau salée d'alimentation, qui se trouve ainsi portée à une température très-voisine de l'eau de celle de condensation, est introduite dans la chaudière A, non loin de la tubulure *p*. On règle l'introduction de l'eau d'alimentation de façon à maintenir dans A' un niveau constant.

Jusqu'à présent l'appareil a été décrit d'une façon générale, nous allons montrer comment il permet d'opérer en grand l'évaporation saline, et nous donnerons la description des machines de compression et d'évaporation telles qu'elles ont été exécutées par M. Weibel Briquet, pour une saline disposant d'une force motrice considérable (planche II).

Une pompe à air où à vapeur (compresseur), mise en mouvement par une turbine, aspire par le tuyau E la vapeur qui se forme dans la chaudière A′ A′ ; puis après l'avoir comprimée jusqu'à un certain point, la refoule par le tuyau D dans le condenseur B.

Par des raisons développées plus loin, on a fixé à 1 atmosphère la pression qui règne dans la chaudière A′. Ce vase est donc rempli de dissolution saturée chauffée à 108°, température qui correspond à l'ébullition sous la pression atmosphérique.

La vapeur qui se dégage de la dissolution est à la pression de l'atmosphère, et à la température de 100° degrés ; au moyen de la pompe, on la comprime à 2 atmosphères ; ensuite de cette compression, sa température s'élève à 120°, et y est constamment maintenue par l'action du compresseur.

Cette vapeur à 120° se condense au contact des parois plus froides du condenseur et, par suite, sa chaleur latente devenant libre, est restituée à l'eau salée qui l'a produite.

L'eau de condensation du vase B s'échappe à une température intermédiaire entre 108° et 120° du condenseur par le tube M ; mais avant de la rejeter, on la fait passer dans le réchauffeur S, où elle cède sa chaleur à l'eau salée destinée à alimenter la chaudière.

Le réchauffeur S permet de refroidir complétement l'eau de condensation, qui s'échappe froide de l'appareil auquel on restitue ainsi toute la chaleur spécifique de l'eau.

Toute la chaleur latente étant restituée dans le condenseur B, et toute la cha-

leur spécifique l'étant aussi dans le réchauffeur S, il ne reste d'autre perte de calorique que celle qui résulte du refroidissement de l'appareil par le passage de la chaleur à travers ses parois.

Ce facteur est considérablement diminué par le fait que toutes les parties chaudes de l'appareil sont mal enveloppées et mauvais conducteur de la chaleur. On emploie avec succès de vastes encaissements en bois laissant autour des chaudières un espace qui est ensuite rempli de sciure de bois.

Le travail mécanique dépensé se transforme dans l'appareil; la chaleur que l'on gagne ainsi, venant s'ajouter à celle régénérée de la vapeur, compense la déperdition inévitable de calorique à travers les parois du vase.

Si la chaleur provenant de la transformation du travail excédait les déperditions, la température de l'appareil irait en s'élevant ; il suffirait alors, pour la maintenir constante, de laisser échapper un peu de vapeur, ce qui a lieu automatiquement au moyen d'une soupape de sûreté placée sur le tuyau de refoulement. Au moment de la mise en exploitation de l'appareil, il convient de porter à la température de l'ébullition l'eau salée nouvelle qui remplit les chaudières A et A' ; dans ce but, on établit la circulation de A' en A et de A en A' et on envoie dans le condenseur B de la vapeur produite par un petit générateur de secours chauffé avec du calorique.

Une fois que l'eau salée nouvelle est échauffée au degré voulu, on met en marche le compresseur, et la température se maintient constante pendant un temps indéfini sans aucune dépense de combustible, jusqu'à ce que l'on ait à vider l'appareil pour en extraire l'eau-mère et recommencer ensuite une nouvelle campagne.

Force nécessaire et production. — Si on appelle chute de température la différence de température entre la vapeur du condenseur et le liquide à vaporiser, on peut dire, en vertu de lois physiques connues : Que la quantité de chaleur qui passe à travers les parois du condenseur, est proportionnelle : 1° à la chute de température avec laquelle on opère ; 2° à la surface du condenseur.

Mais la quantité de liquide qui se vaporise étant elle-même proportionnelle à la quantité de chaleur pénétrant dans ce liquide, on peut dire que le sel produit est proportionnel à la chute de température et à la surface du condenseur.

Donc, pour produire une quantité déterminée de sel par heure, on pourra employer une petite surface de condenseur et une grande chute de température, ou bien une grande surface et une petite chute de température.

Mais la pression de la vapeur croissant rapidement avec sa température, il faudra comprimer d'autant plus la vapeur, pour obtenir une plus grande chute de température.

Il résulte de là, que la force en chevaux devra être d'autant plus puissante, pour une même production de sel, que la chute de température adoptée sera plus grande.

On peut opérer avec de très-faibles chutes de température, et dépenser très-peu de force, mais à condition que la surface du condenseur soit très-grande.

Moins on dépense de force et plus le condenseur devient grand et coûteux.

Il est facile de calculer la force nécessaire, dans ces conditions, pour une production déterminée ; nous donnons ci-après quelques résultats d'expériences pouvant servir de points de départ pour ces calculs.

Pour une pression dans la chaudière A' de 1 atmosphère, et dans le condenseur de 2 atmosphères, le calcul indique qu'il faut, pour produire 1,000 tonnes métriques de sel par année comptée à 300 jours de travail, 16,9 chevaux-vapeur.

Ce chiffre est la force théorique, mais les résultats pratiques obtenus avec

ces appareils ont conduit à admettre, afin d'avoir une marge suffisante, 30 chevaux au lieu de 16,9 chevaux théoriques.

En outre, l'expérience a montré que lorsqu'il y a une chute de température de 12 degrés entre la vapeur comprimée et l'eau salée qui entre dans le condenseur, chaque mètre carré de surface du condenseur correspond à une production de $3^{k},05$ de sel par heure.

Il faudra donc, pour une production de 1,000 tonnes pour 300 jours 40 mètres carrés de condenseur.

Lorsqu'on a beaucoup de force à sa disposition et qu'on travaille avec une grande chute de température, le travail mécanique fournit plus de chaleur qu'il n'en faut pour compenser les déperditions inévitables de calorique.

Si, au contraire, on travaille avec peu de force et avec de faibles chutes de température, les déperditions de chaleur ne sont pas compensées entièrement par le travail mécanique. Il faut alors fournir un petit supplément de vapeur à l'appareil au moyen d'un petit générateur.

La consommation de combustible qui en résulte est tout à fait insignifiante, puisqu'elle ne correspond jamais qu'à une fraction seulement des déperditions de chaleur par les parois des appareils

On peut aussi travailler à des températures fort différentes. Ainsi, pour 2 degrés de chutes on peut travailler entre 30 et 50 degrés, entre 80 et 100 degrés, ou bien entre 100 et 120 degrés.

Si l'on admet les basses températures et par conséquent les basses pressions (vide relatif), les déperditions de chaleur sont faibles; mais les vapeurs ayant peu de densité, il faut donner au compresseur de grandes dimensions pour aspirer le même poids de vapeur.

En pratique il vaut mieux rester aux environs de 100 degrés; le compresseur prend de petites dimensions, les pressions ou le vide sont faibles, et si les déperditions de chaleur en sont un peu augmentées, la consommation de combustible qui en résultera sera toujours si minime, qu'il y aura néanmoins avantage à avoir un petit compresseur à haute pression, peu coûteux, plutôt qu'un grand à basse pression.

Enfin, et pour déterminer, il est facile de déduire des chiffres donnés de ceux qui sont relatifs à tous les autres cas.

Pour cela, il suffira de faire usage des règles suivantes :

La force en chevaux est proportionnelle à la différence de température entre la vapeur aspirée et la vapeur refoulée. La surface du condenseur est inversement proportionnelle à la différence de température entre le liquide salé dans la chaudière A′ et la vapeur refoulée. (Cette différence est égale à la précédente moins 8 degrés.)

Enfin, la force et la surface sont proportionnelles, pour des températures données, à la production de sel qu'on veut obtenir.

Le principe dont l'appareil Picard réalise l'application consiste donc à faire servir indéfiniment une même quantité de chaleur pour vaporiser autant de liquide qu'on voudra.

Quoiqu'on n'ait pas réussi jusqu'ici à l'appliquer industriellement, il paraît être connu depuis longtemps.

Péclet, dans son *Traité de la chaleur* (3e édition, 1860, tome II, page 253), expose ce principe sous le titre suivant : « Évaporation des liquides, en employant comme moyen de chauffage la vapeur qui se dégage après l'avoir comprimée. »

Cet auteur en fait remonter la découverte à Pelletan, qui l'aurait proposé « avant 1840, » mais Péclet ajoute : « Il paraîtrait que ce système n'a jamais été essayé. »

Plus tard, en 1855, un mécanicien distingué, P. Rittenger, ingénieur des mines à Vienne (Autriche), proposa d'appliquer ce principe à l'évaporisation de l'eau salée, et publia ses idées dans une brochure intitulée : « *Theoretisch-practische Abhandlung über ein für alle Gattungen von Flüssigkeiten anwendbares neues Abdampfverfahren mittelst einer und derselben Warmemenge* » (Wien, 1855).

Dans le système proposé, aucune disposition quelconque ne s'opposait à l'adhérence du sel aux parois ; le sel produit devait se rassembler de lui-même sur le fond de la chaudière, lequel était construit en forme de trémie et muni à son extrémité inférieure d'un robinet; l'ouverture de ce robinet, manœuvré de temps en temps, devait évacuer le sel solide mélangé d'eau salée.

Le fait que l'extraction devait se faire par un simple robinet n'aurait pas permis d'avoir dans la chaudière une pression quelconque; il fallait nécessairement se tenir à une pression légèrement supérieure à la pression atmosphérique.

Les essais faits avec cet appareil sont relatés dans le recueil intitulé : « *Oesterreichische Zeitschrift für Berg-Und Hüttenwesen* (septembre 1857); » ils prouvent que le sel fourni restait entièrement attaché aux parois intérieures de la chaudière et que l'ouverture du robinet d'extraction livrait passage à de l'eau salée chaude, presque sans mélange de sel solide. Le sel ne pouvait être extrait, de sorte que l'appareil ne répondait en aucune façon à ce qu'on en attendait.

Il ne paraît pas que, à la suite de cet insuccès, d'autres essais aient été tentés pour faire passer dans la pratique le principe parfaitement juste sur lequel Rittinger avait basé son appareil; cette tentative tomba complétement dans l'oubli et ne fut mentionnée dans aucun traité de physique ou de mécanique.

Dans ce qui précède, on a dû remarquer que le trait caractéristique de l'emploi de l'appareil Picard, avec compression par force hydraulique, consiste à faire servir indéfiniment une même quantité de chaleur pour vaporiser autant de liquide qu'on voudra. Il importe de bien se rendre compte sur ce point afin ne pas confondre la disposition proposée avec les nombreuses inventions qui ont pour but de transformer la force motrice en chaleur. Sans doute, dans le compresseur Picard, le travail mécanique se transforme en chaleur, mais la chaleur ainsi obtenue ne sert que d'appoint à la quantité de chaleur, bien plus considérable, retirée de la vapeur dégagée du liquide. La compression de la vapeur a pour but, en première ligne, de relever la température de cette vapeur, afin de lui donner la possibilité de se condenser contre des surfaces baignées par le liquide même qui lui avait donné naissance. Ce n'est qu'un résultat accessoire de la compression de transformer le travail mécanique en une petite quantité de chaleur qui, introduite dans l'appareil avec la vapeur, sert à maintenir la température constante et à combattre les différentes causes de déperdition de chaleur.

L'application de l'appareil à compression avec force hydraulique procurera des avantages très-sérieux à toutes les salines situées dans les contrées [montagneuses. La plupart de ces établissements sont installés à proximité de puissants cours d'eau qui étaient, et sont encore quelquefois utilisés à amener à la saline le bois des régions supérieures. Ce combustible tend à devenir de plus en plus rare; d'ailleurs son prix s'élève partout, en raison de l'élévation du prix de la main-d'œuvre. De nombreuses salines qui, anciennement, ne connaissaient d'autre combustible que le bois, sont obligées d'avoir recours à la houille et aux lignités; mais le prix de transport de ces combustibles minéraux en rend pour les salines de montagnes l'emploi trop coûteux ou même tout à fait impossible.

Les cours d'eau, dont la force motrice est bien peu utilisée, fourniront aux salines des Alpes, la possibilité de reprendre avec avantage une exploitation que

la rareté du combustible rendait très-précaire, et leur permettront de lutter avec les salines de plaine situées près des gisements houillers. Au point de vue plus général, l'emploi de l'appareil d'évaporation par la force motrice hydraulique permettra de conserver les forêts et d'en mieux employer les produits; en utilisant une faible partie de la chute des rivières qui avoisinaient les salines des Alpes, on tirera parti de richesses qui, jusqu'à présent, étaient perdues, et on obtiendra à meilleur marché le sel, l'un des produits les plus indispensables à l'alimentation de l'homme et à son industrie.

Presse à lixiviation. — Dans l'épuisement des salins de betteraves, la

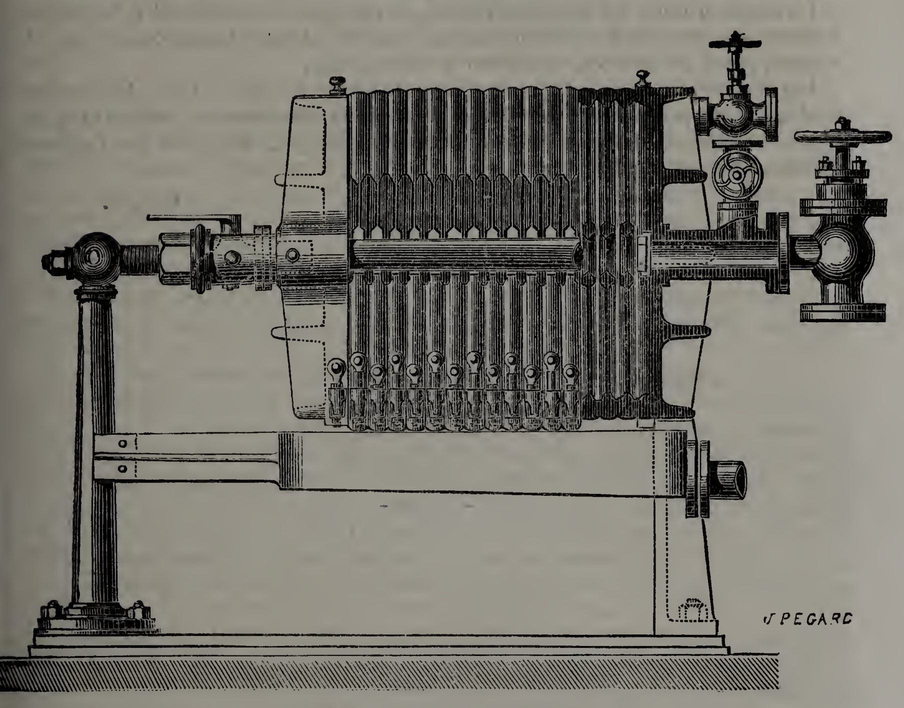


Fig. 22. — Presse à lixiviation.

matière insoluble retient toujours des sels solubles; de plus, le magmaboueux formé par cette matière est d'un transport difficile. Il serait donc très-utile de pouvoir presser ces résidus pour les épuiser de toutes les parties alcalines qu'ils contiennent et pour les rendre solides et susceptibles d'un transport facile.

La presse à lixiviation de MM. Wegelin et Hubner (fig. 22), est construite spécialement pour le traitement des résidus de produits chimiques; elle peut rendre quelques services dans les diverses industries que nous venons d'examiner.

La presse Wegelin et Hubner est composée de planches cannelées, qui forment, de leur ensemble un système de chambres à filtrer. Les inventeurs, suivant le liquide à traiter, construisent indifféremment ces planches en bois, en fer, en bronze ou en plomb. Chaque plateau est distant de l'autre d'environ 20 à 30 millimètres, il est recouvert d'un tissu filtrant et d'une plaque métallique perforée. L'alimentation se fait centralement, chaque plateau étant percé à son centre d'un trou correspondant en grandeur avec l'ouverture de l'alimenteur.

Les planches cannelées sont placées sur un bâti solide, de manière à pouvoir être déplacées et séparées les unes des autres; des vis permettent de les serrer et de les réunir au moment de la filtration. Un tuyau spécial peut aussi amener dans chaque chambre de l'eau sous une pression de 1 $^1/_2$ atmosphère.

La matière destinée à la lixiviation est refoulée par le tuyau central dans l'espace libre compris entre deux cadres par une pompe à membrane qui peut facilement fouler des liquides chargés de matières en suspension.

Quand on commence une opération, on continue de pomper jusqu'à ce que le liquide ne s'échappe plus que par gouttes. On peut alors procéder à la lixiviation en ouvrant la prise d'eau sans pression.

L'opération finie on dévisse les écrous et on enlève la tête mobile du premier plateau. On peut alors nettoyer chaque chambre et faire tomber dans un petit wagon, placé en dessous, la matière solide épuisée.

Les résidus salins, sans être pressés, contiennent toujours 1 $^1/_2$ $^0/_0$ de carbonate et 3 à 4 $^0/_0$ de sels neutres solubles. Il serait donc économique, malgré la main-d'œuvre supplémentaire qu'exigerait leur lixiviation, de les traiter par l'appareil que nous venons de décrire.

Collot.

CHIMIE INDUSTRIELLE

II. — SALPÊTRE ET NITRATE DE SOUDE

PAR TIBULLE COLLOT, CHIMISTE

La fabrication du salpêtre n'est pas réellement représentée à l'Exposition universelle ; plusieurs raffineurs de potasse ont bien, dans leurs vitrines, des échantillons de salpêtre, mais ils n'en fabriquent pas un kilogramme depuis longtemps, et n'en ont peut-être jamais fabriqué. En France, cette industrie est fort délaissée, car le gouvernement est le seul acheteur sérieux, puisqu'il a monopolisé la fabrication des poudres ; et il est toujours fâcheux de n'avoir, pour un produit important, qu'un seul débouché.

Le raffinage du salpêtre est déjà fait uniquement par les raffineries de l'État ; ces mêmes usines fabriquent plus de la moitié du salpêtre brut qu'elles achètent, elles finiront par absorber toute la fabrication de ce produit.

Si le salpêtre offre peu d'intérêt au point de vue de l'Exposition, il n'en est pas de même du produit indispensable à sa préparation : le nitrate de soude. Nous avons à étudier d'une façon complète ce sel qui forme, avec le guano, la plus importante richesse du Pérou ; il sert par sa décomposition à la fabrication de la poudre du monde entier et devient, depuis ces dernières années, d'une application générale en agriculture. Les résultats qu'il a produits comme engrais sont tellement merveilleux, que l'on peut affirmer que de sa vente à bon marché découlerait la richesse universelle ; car le cultivateur intelligent pourrait s'en servir pour toutes ses céréales et augmenterait d'un quart toutes ses récoltes.

La participation à l'Exposition de tous les États-Unis d'Amérique nous facilitera l'étude de ce sel incomparable, en nous fournissant de précieux renseignements sur l'importance de son extraction, sur les développements possibles de son exploitation, et sur la composition différente des sels salpêtrés dont il est retiré.

Nitrate de soude. Situation des gisements. — Il y a déjà assez longtemps que l'on connaissait les dépôts de nitrate de soude de la province de Tarapaca, sur le littoral du Pérou ; mais ce n'est que vers 1825 qu'on commença une exploitation un peu importante. Le salpêtre natif était alors envoyé au Chili pour y être raffiné, et c'est pour cette raison que le nitrate de soude a d'abord été connu en Europe sous le nom de *salpêtre du Chili*.

Pendant longtemps les gisements de la province de Tarapaca au Pérou furent seuls connus. Le territoire péruvien, qui s'étend du 19e au 21e degré 30 minutes de latitude sud, et du 68e au 70e degré de longitude occidentale, est limité, au nord, par la province d'Arica ; à l'ouest, par l'océan Pacifique ; à l'est et au sud, par la république de Bolivie.

Le nitrate de soude, ou *caliche*, s'y trouve en amas plus ou moins considérables, d'une composition très-irrégulière et isolés entre eux ; ces gisements se

rencontrent dans toute la pampa aride et déserte, d'une altitude qui varie de 800 à 1,500 mètres, et qui longe le littoral dans la direction du nord au sud.

Le développement énorme que prit l'exploitation du nitrate de soude peupla bientôt d'établissements importants ces vastes régions du Pérou, complétement désertes, sans vie et sans végétation, et ne communiquant avec l'Océan que par de rares défilés ou *Quebradas*.

Bientôt des routes furent créées dans plusieurs directions et furent incessamment parcourues par des voyageurs et des convois venant de l'intérieur du désert aux ports du Pacifique.

La salubrité du pays favorisa singulièrement la création de ces vastes exploitations; les épidémies et les fièvres sont en effet peu fréquentes malgré les variations brusques de températures qui existent sur les plateaux. Tout le littoral du Pérou jouit d'une température très-égale qui, pendant toute l'année, ne varie pas entre 18 à 22 degrés; mais à mesure que l'on gagne les régions élevées du désert, on peut observer des variations diurnes de plus de 50 degrés; le thermomètre descend souvent le matin, au lever du soleil, à 5 ou 6 degrés au-dessous de zéro, et il n'est pas rare de le voir, dans l'après-midi, atteindre 45 degrés. De pareilles conditions climatériques devraient occasionner de grands désordres dans l'organisme de ceux qui les supportent, et l'on ne peut attribuer leur inocuité qu'à la grande sécheresse qui règne dans l'atmosphère, occasionnée par la déliquescence de tous les sels qui couvrent les plateaux.

Sur des terrains stériles et sans ressources, vinrent bientôt se grouper des milliers d'individus, tandis que sur le littoral se créaient des ports nouveaux pour assurer les communications avec l'étranger.

Ce n'est toutefois que vers 1830 que le salpêtre fut payé en Europe à sa juste valeur et que, par conséquent, son exploitation prit un accroissement rapide jusqu'au maximum atteint il y a quelques années.

Tous les gisements de salpêtre, distants les uns des autres, et séparés par les ramifications des Andes, souvent fort accidentées, appartiennent tous cependant à une même formation.

La formation de ces dépôts a été une énigme pour la science, et restera une énigme jusqu'à ce qu'on ait réuni plus de données que celles que nous possédons, qui permettent d'arriver à une solution. Diverses théories ont été formulées par des savants, mais avant de les examiner, il faut donner en peu de mots la description d'un dépôt de salpêtre, tel qu'il se trouve dans la province de Tarapaca.

Sous une couche de sable mêlé d'argile, qui contient des pierres de porphyre, des quartzites, etc., se trouve une seconde couche plus ferme qui, dans une masse de gypse et de sel, contient un conglomérat qui couvre le salpêtre natif, mélange de nitrate de soude, de chlorure de sodium, d'iodate de soude, de sulfate de potasse et de soude, de sables et de pierres. En général, on trouve sous le salpêtre une couche de sel pur sur celle de l'argile gisant elle-même sur une roche solide, ordinairement porphyrique ou granitique.

Les théories sur la formation des matières salpêtrées sont bien en désaccord entre elles; nous en rapporterons plusieurs, laissant à nos lecteurs le soin de les apprécier et de les discuter.

M. George Hilliger, qui a longtemps habité Iquique, pense que le salpêtre s'est formé par la décomposition du guano; mais sans examiner les détails de cette théorie, il suffit de citer un fait pour qu'on la considère comme peu probable : c'est qu'on ne trouve pas dans le voisinage des salpêtrières les phosphates qui auraient dû s'y former en même temps que les salpêtres.

L'éminent professeur, A. Raymondi, dont la belle collection des richesses minéralogiques du Pérou est le principal attrait de l'exposition de ce pays, pense

que l'origine du salpêtre est toute marine; on y retrouve en effet, dit-il, tous les sels de la mer, sans en excepter le brôme et l'iode; le chlorure de potassium se serait transformé en nitrate par l'oxydation de l'azote provenant de phénomènes volcaniques, soit que l'azote vienne de l'air ou de l'ammoniaque qui se dégage toujours dans les éruptions volcaniques, en même temps que l'acide borique que l'on rencontre aussi dans quelques gisements.

M. Schœnbein et M. Nœller cherchent l'un et l'autre l'origine du salpêtre, principalement dans la décomposition des plantes qui contiennent presque tous les éléments nécessaires à sa formation. Les cendres des plantes se composent en effet de chlorure de sodium, de sulfate de potasse et de soude, d'un peu de carbonate de soude, d'iode, etc.; on ne trouve naturellement dans ces cendres que les parties incombustibles : l'azote et une grande partie des matières organiques disparaissent par la volatilisation. Le résultat serait tout autre si l'oxydation avait lieu lentement, par décomposition naturelle, surtout dans les conditions qui existaient encore à l'époque où se sont formés les dépôts de salpêtre, époque qu'il faut chercher probablement dans l'époque tertiaire. Alors la terre était enveloppée d'une atmosphère chargée d'humidité, où ne pénétrait qu'une lumière diffuse, conditions si favorables à certaines réactions chimiques, surtout à la formation de l'ammoniaque et de l'acide azotique, comme on le voit par la formation du nitrate de chaux dans les pièces humides, dans les étables, etc.

Les grandes plaines, où l'on trouve le plus souvent les dépôts de salpêtre, doivent avoir formé des plages étendues en pentes douces sur les bords de la mer, ou des bas-fonds couverts par elle. Dans ces bas-fonds croissaient les herbes, et il n'y a qu'à supposer des courants qui enlevaient les plantes mortes ou arrachées par les vagues, et les portaient vers les bords, pour s'approcher d'une solution probable du problème de la formation du nitrate. A mesure que la côte s'élevait lentement, comme elle s'élève encore aujourd'hui, les plages se convertissaient en lacs, où la mer pénétrait encore à marée haute, y accumulant des plantes dont la décomposition donnait lieu à ce qui forme aujourd'hui les dépôts du Pérou.

Comme nous le verrons plus loin, dans son rapport au ministre de l'intérieur du Pérou, sur les richesses du désert d'Atacama, M. A. Pissis donne une autre explication. Il cherche dans les feldspaths tous les éléments constitutifs des dépôts et la formation de l'acide nitrique dans l'oxydation de l'azote de l'air en présence de bases alcalines.

Enfin, d'après M. Victor L'Ollivier (*Annales de physique et de chimie*, année 1876), l'aspect des gisements salins et leurs dispositions relatives autorisent à en attribuer l'origine à l'évaporation de grandes masses d'eau salée, qui y formèrent des lacs plus ou moins étendus, après le premier soulèvement des plateaux qu'ils occupent.

« Par évaporation libre, se déposèrent bientôt des couches complexes à base de nitrate de soude, qui formèrent le caliche actuel. Pendant ce dépôt, les eaux s'appauvrirent peu à peu en nitrate, tandis qu'il se formait des croûtes salines riches en chlorure de sodium, qui restaient en suspension dans le liquide.

A cette période succéda un nouveau mouvement souterrain qui, modifian les ondulations du sol, desséchait ces lacs, et séparait les eaux-mères des dépôts déjà formés.

Les croûtes salines, qu'elles entraînèrent avec elles, s'accumulèrent alors au moindre obstacle qu'elles rencontraient, en formant des *salares* inégaux, boursoufflés et peu résistants, qui ressemblent aujourd'hui aux glaçons amoncelés que l'on remarque chaque année pendant le dégel des cours d'eau.

Enfin, les eaux-mères qui les entraînèrent, retenues elles-mêmes dans d'autres dépressions, s'y évaporèrent en donnant naissance à d'autres salares compactes, unis et résistants, d'une composition analogue, quoique plus riche en chlorure de sodium.

Le mouvement géologique qui sépare la formation des calicheras de celle des salares fut peu important, mais il est amplement démontré qu'il eut lieu postérieurement à la formation des calicheras.

En effet, à peu de distance au sud de Taco, à quelques lieues à l'est de Quillagua, on rencontre une série de mamelons où le caliche se trouve soulevé à un niveau supérieur à la formation générale.

Les dénudations subséquentes y pratiquèrent de véritables grottes très-curieuses à visiter

Postérieurement encore, ajoute M. Victor L'Ollivier, descendirent des Andes des eaux qui recouvrirent d'alluvions d'épaisseur variable ces premiers dépôts. Sauf quelques ravins qu'elles creusèrent, on ne remarque généralement que des dénudations peu importantes, où se rencontre aujourd'hui un limon peu épais (*caranza*), que l'on utilise sur les lieux à la confection d'un excellent mortier, en le mélangeant à la chaux grasse.

Partout où ces alluvions atteignirent les dépôts salins, elles s'en saturèrent et acquirent une dureté exceptionnelle.

Telle est l'origine de la *costra* qui recouvre en quantité variable tous les gisements de caliche de la contrée.

Aussi la recherche des gisements de nitrate ne nécessite point de sondages, car ils se distinguent immédiatement à leur aspect particulier.

Le terrain de ces pampas est, en effet, généralement recouvert de phonolithes, souvent volumineux, à bords arrondis, qui font au contraire défaut sur l'étendue des calicheras où l'on ne rencontre que des pierres de petites dimensions, qui leur donnent, par leur juxtaposition, une teinte uniforme caractéristique.

Ces phonolithes furent entraînés des Andes, antérieurement aux mouvements qui marquèrent la formation des calicheras, car leur nombre et leur volume augmentent avec l'altitude des soulèvements qui les mirent à l'abri d'entraînements subséquents ; engagés par leur pointe dans le sol, ils forment sur les flancs de certaines collines une barrière presque infranchissable. »

Exploitation des calicheras. — La situation des gisements de salpêtre au milieu des pampas arides et sans aucune ressource, a nécessité la création d'un système tout à fait nouveau d'administration. Le recrutement des ouvriers, leur mode d'approvisionnements, sont autant de questions intéressantes que nous croyons devoir exposer avec quelques détails. Nous les empruntons à M Victor L'Ollivier qui a pu juger de *visu*, dans son voyage au Pérou, la situation générale des exploitations des calicheras.

Les ouvriers spéciaux, mécaniciens, charpentiers, contre-maîtres, sont presque toujours Anglais; leur salaire est très-élevé.

Les mineurs et les manœuvres de toute sorte, employés dans toutes les exploitations, sont au Pérou des Indiens, des coolies chinois et des Européens de toutes nations, fournis par les compagnies d'émigration.

Tous ce ouvriers sont engagés pour une période déterminée qui varie entre 3 et 6 mois, ils reçoivent un salaire journalier; mais ce n'est qu'à l'expiration de leur engagement qu'ils reçoivent leur solde en argent.

Les salaires sont très-élevés, mais ils sont plutôt fictifs que réels, car les établissements où ils travaillent ont tous créé d'immenses bazars, où l'ouvrier trouve tout ce qui lui est nécessaire, comme vêtements, nourriture et même

les objets de luxe les plus divers, mais où il paye tout un prix excessivement élevé, ce qui procure aux établissements des bénéfices énormes ; dans ces conditions on pourrait dire, contrairement au principe généralement admis, que le travail de l'exploitation est d'autant plus rémunérataur, que l'on peut y occuper plus d'ouvriers. Du reste, si nous ne craignions de sortir de notre sujet, nous pourrions ajouter que ce système n'est pas seulement appliqué au Pérou; beaucoup de magasins organisés, en Europe, par certains industriels soi-disant philanthropes, sous le nom de sociétés coopératives, économats, etc., ne sont que des réductions des grands bazars des pampas ; tous les objets y sont souvent payés plus cher que chez les négociants spéciaux.

Le transport des approvisionnements du matériel et du combustible aux usines et celui des produits fabriqués aux ports d'embarquement, nécessitent une organisation méthodique et une surveillance incessante, pour que l'on ne soit pas arrêté dans l'exploitation. « Le mode le plus ordinairement employé, dit M. Victor L'Ollivier, est le transport à dos de mulet ; des transports sur essieux ou par voies ferrées leur ont été quelquefois substitués, mais généralement le premier système doit encore être préféré. »

« Les mulets d'origine argentine sont conduits d'abord au Chili, où on les habitue peu à peu à la fatigue ; amenés de là en Bolivie et au Pérou, ils ne tardent pas à supporter facilement les privations de toute nature et les variations de température que le climat comporte.

Pendant de longues années, plus de 20,000 de ces mulets étaient journellement occupés au Pérou, au service des salitreras. L'ouverture des voies ferrées a diminué aujourd'hui l'importance de ce service.

Comme en Espagne, le chargement ordinaire d'un mulet est de 3 quintaux (150 kilogrammes).

Après la découverte de *caracolès*, se constitua à Tocopilla, sous le nom de *Compania commercial*, une entreprise d'approvisionnements de ce nouveau centre minier.

Profitant de la *quebrada* qui aboutit au port, elle fit ses transports au moyen de voitures attelées de quatre mulets; les convois composés de 20 voitures sont commandés militairement par des *capataz*. Les voitures portent ordinairement 25 quintaux (1250 kilogr.); au retour cette charge peut être doublée ; ils accomplissent le trajet, aller et retour, en sept jours.

La régularité et la perfection de ce service font honneur aux administrateurs qui le dirigent.

Divers essais de voies ferrées ont été tentés ; mais jusqu'à présent leurs résultats sont très-peu satisfaisants.

Le passage des crêtes qui séparent l'Océan du haut plateau nécessita l'adoption de fortes rampes et de courbes de petit rayon qui ont rendu l'exploitation dispendieuse et souvent même dangereuse pour le public.

La distillation de l'eau de mer pour l'alimentation des locomotives et sa répartition le long du parcours grèvent d'une somme énorme les frais de traction.

La *Compania nacional de los ferrocarriles salitreros del Peru*, concessionnaire des chemins de fer qui desservent les ports d'Iquique et de Patillos, dépense annuellement plusieurs centaines de mille francs pour ce service.

Malgré l'emploi de puissantes machines, système Failer, et les améliorations apportées dernièrement dans le service de la traction, cette compagnie ne peut suffire au transport du combustible et du matériel nécessaire aux *salitreros*. Beaucoup d'entre eux ont même dû recourir aux transports par mulets, qui leur assurent la régularité de leurs approvisionnements.

D'ailleurs, au point de vue économique, l'avantage est resté, jusqu'à ce jour, à ce dernier mode de transport.

Le quintal revient en effet, au magasin, par chemin de fer. à 0,55 de piastre, ou 2 fr. 75, savoir :

Transport de l'usine à la station de chargement	0.03
Port jusqu'à Iquique ou Patillos.	0.50
Déchargement et transport aux magasins des ports. . .	0.02
Total.	0,55

tandis que, par mulets, les transports se font par contrat, de l'usine au magasin du port d'embarquement pour 6 ou 8 réaux, soit, 1 fr. 50 ou 2 fr. 40 le quintal.

Il faut enfin observer que, tandis que le chemin de fer est soldé en argent comptant, les muletiers sont, au contraire, payés en grande partie en nature ; l'établissement leur fournissant l'eau, le fourrage et l'avoine nécessaires à leurs animaux, la dépense est, en réalité, diminuée d'au moins 30 %.

En Bolivie, la *Compania de salitre y Ferrocarrile d'Autofagasta* essaya de profiter de la quebrada de Mateo pour mettre en communication avec l'Océan Salinas et le Saler del Carmen. L'emploi de petites locomotives n'y donna aucun résultat, et tout se réduit aujourd'hui à quelques wagonnets traînés par des bœufs.

Quant aux salistreras du bassin de Loa, qui peuvent être desservies par charrettes, on pourrait, le cas échéant, en profitant de la quebrada, relativement peu rapide et d'un accès facile, établir une voie ferrée qui relierait en même temps à Tocopilla le nouvel établissement de Chacames et quelques gisements minéraux encore inexploités.

L'eau du Loa et celle de la nappe souterraine de la pampa negra, excellentes pour les chaudières, faciliteraient cette entreprise, qui donnerait certainement de magnifiques résultats. »

Travail du caliche brut. — Son extraction n'offre d'abord aucune difficulté. Après avoir enlevé le mieux possible le terrain de déblais ou *costra,* qui se trouve au-dessus du caliche, on dispose en quinconce à des distances variables des trous de mines perpendiculaires qu'on creuse jusqu'au terrain mort; on les charge alors avec une poudre lente, mélange grossier de nitrate de soude, de charbon et de soufre ; par leur explosion, ces mines très-puissantes soulèvent sans projection la masse qu'elles divisent en gros morceaux.

Le caliche qui conduit à l'usine est divisé en petits morceaux soit à la main, soit, dans les exploitations importantes, par des concasseurs mécaniques bien plus économiques.

On voit donc que l'exploitation du salpêtre brut ou *caliche* est excessivement simple ; la seule difficulté qu'elle présente c'est le manque d'eau dans les contrées où elle est possible ; le plus souvent on est obligé d'aller chercher l'eau nécessaire à l'épuisement des sels salpêtrés à dos de chameaux et à des distances très-éloignées. Cependant dans plusieurs exploitations on peut, au moyen de sondages très-profonds, rencontrer la nappe d'eau souterraine. Au nord, les conditions sont différentes : le *rio Loa* qui descend des grandes Andes, fournit en abondance l'eau nécessaire, et la nappe souterraine peut être trouvée à de faibles profondeurs qui varient de 15 à 25 mètres. Ces eaux, légèrement salines, sont très-fraîches et peuvent servir à l'alimentation, elles ne contiennent pas, du reste, plus de 3 à 4 grammes de *résidu fixe* par *litre.*

Le caliche est fondu dans des chaudières à feu nu, ou mieux dans de grandes

bâches d'une faible hauteur chauffées à vapeur; dans ce dernier cas on le descend dans des caisses perforées qui plongent alternativement dans la dissolution jusqu'à sa complète saturation. Le nitrate de soude étant le sel le plus soluble fond le premier; par refroidissement dans des cristallisoirs on en obtient un abondant dépôt. Les eaux-mères sont réunies et traitées à nouveau jusqu'à ce qu'elles contiennent trop de sels étrangers, elles sont alors rejetées comme non utilisables, après l'extraction de l'iode; leur composition est la suivante d'après E. Reichardt :

Le salpêtre raffiné, tel qu'il est envoyé en Europe, a la composition moyenne suivante :

Eau	57,11
Eau de combinaison	6,93
Azotate de soude	23,60
Chlorure de sodium	8,59
Iodate de soude	0,44
Sulfate de magnésie	2,21
Chlorure de magnésium	1,12
TOTAL	100,00

Azotate de soude	94,29
Azotate de potasse	0,43
Magnésie	0,85
Chlorure de sodium	1,99
Sulfate de potasse	0,24
Humidité	1,99
Insoluble	0,21
TOTAL	100,00

Cette extraction du salpêtre par des appareils perfectionnés ou *maquinas* est encore toute nouvelle et n'est employée que dans les grandes exploitations; toutefois ils tendent tous les jours à se substituer au système primitif de petites chaudières à feu nu ou *paradas*. Ces dernières installations n'avaient qu'un avantage, c'est qu'étant fort peu coûteuses, elles pouvaient être immédiatement abandonnées dès que les calicheras qui les alimentaient étaient épuisés et réinstallées sur de nouveaux terrains inexploités.

Toutefois, la grande valeur des combustibles fait aux concessionnaires des mines une obligation d'en consommer le moins possible, et ce résultat ne peut être atteint que par des installations coûteuses, mais en résumé fort économiques.

Sauf dans quelques cas spéciaux où le charbon anglais est nécessaire, on emploie généralement les lignites des mines chiliennes qui cependant, à cause des droits protectionnistes, valent encore au Chili 75 francs la tonne anglaise. On comprend alors à quel prix élevé le combustible doit arriver, quand il est rendu aux exploitations de salpêtre et combien il est nécessaire de réduire au minimum la consommation.

Pour réduire ces frais de chauffage et en même temps ceux du transport des produits fabriqués aux ports d'embarquement, la *Compania Barrenéchea* tenta un procédé d'exploitation original mais fort ingénieux, qui, malgré l'insuccès financier de la compagnie, doit pouvoir s'appliquer avec succès dans beaucoup de grandes exploitations.

Le procédé consistait à dissoudre sur place le salpêtre, puis à envoyer, par une longue canalisation, la dissolution, incomplétement saturée, jusqu'au port.

Cette canalisation en fonte avait un développement énorme, plus de 30 kilo-

mètres; elle suivait les sinuosités du terrain et se rendait dans les vastes bassins de l'usine de la côte.

Cette innovation ne cessa de rencontrer une vive opposition de la part des salitreros, et de l'immense légion de charretiers et négociants en denrées alimentaires, qui voyaient déjà leur industrie des transports de beaucoup diminuée. On prétendait que les conduites s'engorgeraient et que la dissolution n'arriverait jamais jusqu'au littoral.

Les travaux terminés, la réussite complète du système prouva l'énormité de ces prévisions pessimistes; les jus arrivèrent régulièrement à l'usine d'évaporation et, traités dans des appareils évaporatoires très-perfectionnés, fournirent un salpêtre raffiné de toute première qualité et d'un prix de revient, comme main-d'œuvre pour sa préparation, réellement inférieur à celui des usines de l'intérieur des gisements de la pampa.

Malheureusement, malgré une complète réussite dans ces installations, la Compania Barrennechea, épuisée par les dépenses énormes de son installation (elle avait dépensé près de 6,000,000 de francs), ne put continuer son exploitation dans de bonnes conditions; elle s'était, du reste, arrêtée aux premiers terrains salpêtrés moins riches que ceux de l'intérieur et se trouvait, par suite, dans de mauvaises conditions d'épuisement du caliche; traquée dans son crédit, dénigrée par ses concurrents envieux, elle succomba et fut déclarée en faillite par le tribunal de Lima en juin 1876.

Production et *Situation économique.* — Pendant les premières années d'exploitation, le nitrate trouvait peu d'acquéreurs en Europe; sa grande hygrométricité en prohibait l'emploi dans la fabrication de la poudre; mais bientôt les sels neutres de potasses provenant des salins de betteraves, des marais salants. des soudes de Varechs et surtout des fameux gisements de Strassfürt, permirent de le décomposer et de le transformer en nitrate de potasse; cette nouvelle industrie de la fabrication du salpêtre offrit alors de grands débouchés au nitrate du Pérou.

Bientôt aussi on le substitua au salpêtre dans les usines de produits chimiques, pour la préparation de l'acide sulfurique et de l'acide azotique, au grand avantage des industriels, car non-seulement il coûtait moins cher, mais son équivalent chimique étant moins élevé, 85 parties du nouveau nitrate donnaient les mêmes rendements que 101 de l'ancien.

Enfin, l'agriculture et la fabrication des engrais offrirent bientôt au nitrate de soude un écoulement qui s'accroît chaque année. Voici, du reste, la consommation de la France de 1869 à 1875.

En 1869	11,727,341 kilogr.
1870	17,070,484
1871	8,871,556
1872	27,786,181
1873	42,732,174
1874	47,837,959
1875	44,840,991

Les usines se multiplièrent au Pérou; du reste, la province de *Tarapaca* tout entière n'est autre chose qu'un vaste gisement de nitrates, qui tantôt se présentent sous la forme de croûtes lisses ou fendillées par l'action du soleil, tantôt sous la forme de bancs ou de masses cristallisées, recouverts d'une couche de sable plus ou moins épaisse.

MM. Kuhlman et Barclay ont fait de sérieuses expériences pour démontrer, par des résultats pratiques, l'utilité de ce genre d'engrais; il nous parait assez intéressant de reproduire ici le tableau de ces expériences.

Tableau des exportations de nitrate de soude.

POUR	1866	1867	1868	1869	1870	1871	1872	1873	1874	1875	1876
L'Angleterre	726,678	787,553	734,393	523,743	597,131	737,326	417,850	1,098,923	254,008	1,077,329	412,902
La France.	371,168	349,814	270,070	282,967	227,115	53,043	105,854	232,446	14,576	19,927	»
L'Allemagne.	16,251	32,447	45,449	82,105	111,929	180.988	230,917	143,096	135,864	121,093	35,840
La Hollande.	»	»	»	»	23,438	47,537	16,540	»	»	»	»
La Belgique.	57,524	26,850	»	23,270	12,200	»	»	»	»	»	»
L'Espagne.	»	»	»	»	40,643	14,256	6,000	»	»	»	»
Le Portugal.	»	»	»	»	»	22,001	»	»	»	»	»
L'Italie	13,500	7,600	10,990	»	»	»	9,500	»	»	»	»
A l'ordre	775,199	1,111,286	699,485	1,254,587	1,466,212	2,192,203	3,153,602	4,292,303	4,710,562	5,665,044	6,066,228
Les États-Unis	173,616	188,886	132,370	270,372	414,264	323,554	425,508	463,019	423,783	260,624	437,018
La Californie	50,526	32,597	7,346	20,786	15,160	22,187	17,017	13,410	32,958	21,363	60,775
Le Chili et la Côte.	3,223	2,371	6,400	11,597	5,321	12,811	8,409	8,570	11,509	9,264	9,048
Les Antilles.	»	»	»	7,185	»	»	26,567	12,000	»	»	»
L'Autriche.	»	10,917	»	»	»	»	»	»	»	»	»
La Chine	»	»	»	30,440	»	»	»	»	»	»	»
Gibraltar	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
En quintaux *espagnols* à raison de 22 quintaux par tonne	2,187,685	2,550,327	1,906,503	2,507,052	2,943,413	3,605,906	4,420,764	6,263,767	5,083,260	7,191,114	7,050,764

Expériences de M. Kuhlman.

QUANTITÉ de nitrate employée par hectare.	RÉCOLTE.		RÉCOLTE sans engrais.		DIFFÉRENCE en faveur de l'engrais.	
	Froment.	Paille.	Froment.	Paille.	Froment.	Paille.
kilog.	hectol.	kilog.	hectol.	kilog.	hectol.	kilog.
125	31,25	2,900	27.50	2.465	4,65	435

Expériences de M. Barclay.

MATIÈRE employée comme engrais.	QUANTITÉ par hectare.	RÉCOLTE en foin avec engrais.	RÉCOLTE en foin sans engrais.	DIFFÉRENCE en faveur de l'engrais.
	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.
Nitrate de soude.	200	5.900	4,000	1,900

Le tableau des exportations du nitrate de soude sur les divers marchés du globe donnera une idée de l'importance des exploitations de ce sel ; ce tableau ne peut donner la quantité employée par chaque nation, car on doit remarquer que presque toute la production est expédiée *A l'ordre* sans désignation du port de destination (Voir le tableau de la page précédente).

En prenant pour base à peu près la même période 1866 à 1875, les prix pratiqués sur le marché régulateur de Liverpool ont subi, par quintal, de minimum à maximum, les fluctuations suivantes :

ANNÉES.	PRIX MINIMUM.	PRIX MAXIMUM.	PAR QUINTAL
1866	10 sh. » d.	13 sh. 3 d.	»
1867	10 »	11 6	»
1868	11 6	12 6	»
1869	13 3	17 6	»
1870	14 3	17 3	»
1871	14 3	16 6	»
1872	14 »	16 3	»
1873	14 »	16 »	»
1874	10 6	13 3	»
1875	11 »	12 9	»

Le mouvement commercial créé au Pérou par toutes les exploitations n'aurait fait qu'augmenter, sans les mesures restrictives prises par le gouvernement péruvien, au sujet du nitrate de soude. Le gouvernement, voyant en effet le développement que prenait la consommation agricole du salpêtre, vit dans ce sel une concurrence redoutable à la vente de ses guanos qui forme la plus belle partie de ses revenus, proposa d'appliquer un droit à la sortie du nitrate qui pouvait atteindre 60 centavos par quintal, soit 66 francs la tonne. La loi fut

votée le 28 mai 1875, et un décret du président, D. Manuel Prado, fixa le droit à 30 centavos.

Cette mesure, d'autant plus maladroite que le Pérou n'était pas le seul pays producteur, puisque la Bolivie commençait déjà, quoique sur une moins grande échelle, l'exploitation de ses salpêtrières aura pour conséquence forcée de ruiner l'industrie péruvienne au profit de la Bolivie. Nous verrons, du reste plus loin, que de nouvelles recherches viennent d'amener des découvertes de gisements d'une richesse incalculable au Chili.

Les capitaux engagés au Pérou sont cependant considérables ; M. Victor L'Ollivier les évalue à 125,000,000 de francs environ.

On peut évaluer, dit-il, sans exagération, à 250 soles (1250 francs) la valeur moyenne de la concession ou *estaca* péruvienne, donc les 10,545 estacas accordées représentent une dépense d'achat de 2,636,250 soles. Le coût des établissements est plus difficile à calculer, ainsi que le capital de chaque compagnie d'exploitation. On peut cependant l'évaluer comme il suit :

59 établissements avec maquinas à 250,000 soles . . .	=	14,750,000 soles.
72 — avec paradas à 100,000 soles	=	7,200,000 —
Soit pour les 131 établissements.		21,950,000 —
En ajoutant la valeur des concessions		2,636,250 —
On arrive comme estimation minimum à		24,586,250 —

La Bolivie n'a mis aucun droit à la sortie du nitrate, et un traité échangé entre ce pays et le Chili, en 1874, assure aux salitreros boliviens une exemption de droits pendant 25 ans.

Échantillons de nitrate. — Le Pérou et le Chili ont exposé beaucoup d'échantillons de nitrate de soude qui ne nous apprennent rien par eux-mêmes ; nous ne citerons les noms de leurs propriétaires que pour mémoire. Nous avons remarqué, parmi beaucoup d'autres, les mentions suivantes :

Dorca Ayulo et Cie à Paris. — Échantillons de nitrate.
Holsch et Martin, à Iquique. — Échantillons de nitrate et iode.
Raymondi (A.), à Lima. — Collection des minéraux salpêtrés.
Talamon, à Paris. — Échantillons de nitrate de soude et de potasse.
Département de la Liberté. — (Exposition collective.)
Ecole de chimie industrielle de Lima. — Échantillon de nitrate.
Gibbs et Cie, à Londres. — Nitrate de soude et nitrate de potasse.
Campbell (J.-D.). — Iode et nitrates.

Une si large participation à l'Exposition des maisons péruviennes prouve bien l'importance de l'exploitation du nitrate de soude, et doit faire espérer une exportation de plus en plus grande en France de ce sel réparateur.

Collection Raymondi. — La magnifique collection des richesses minérales du Pérou, du savant professeur Raymondi, nous apprend combien les matières salpêtrées se rencontrent fréquemment dans ce pays ; nous remarquons des échantillons de terre salpêtreuse des environs du village de Chilca, province de Cousete, qui provient d'un ancien cimetière indien, et dont la formation est relativement très-récente ; la richesse en salpêtre varie pour ces terres entre 2 et 6 % de nitrate de potasse et 4 à 8 % de nitrate de soude ; voici l'analyse d'un des échantillons :

Azotate de potasse	2,63
Chlorure de sodium	16,40
Azotate de soude	4,11
Chlorure de magnésium	0,63
Sulfate de soude	2,37
Sulfate de chaux	1,75
Matières insolubles	72,11
Total	100,00

On trouve du reste, déclare M. Raymondi, dans certaines provinces peu éloignées de la côte, des quantités considérables de monticules artificiels, qui ont aussi probablement servi de lieux de sépultures à des anciennes peuplades depuis longtemps disparues, et dont la terre contient de 3 à 6 % d'azotate de potasse. Ces monticules, à proximité d'eau douce en abondance, pourraient facilement être lessivés et fournir directement le salpêtre proprement dit ; jusqu'ici cependant ces terres salpêtrées n'ont donné lieu à aucune exploitation.

Signalons aussi la composition singulière de la salpêtrière de Laguna, province de Tarapaca, dont la collection Raymondi renferme plusieurs échantillons. Contrairement à ce qui se présente toujours, la caliche de cette salpêtrière renferme plus de chlorure de potassium que de chlorure de sodium ; voici l'analyse de ce produit :

Chlorure de potassium	34
Chlorure de sodium	25,70
Nitrate de soude	4,50
Sulfate de magnésie	8,60
Eau	4,70
Matières terreuses	4,50

Cette analyse présente une anomalie ; on ne s'explique pas comment le nitrate de soude a pu rester en présence d'un excès de potasse, sans se décomposer ; toutefois, M. Raymondi en maintient l'exactitude en se basant sur des raisons diverses :

1° Cet échantillon n'est, dit-il, qu'une variété de caliche, et tous contiennent, outre le nitrate de soude, un sel de potasse.

2° Ce minéral a l'aspect granulaire, et, même à la loupe, l'œil le mieux exercé ne peut distinguer aucune trace, aucun grain qui puisse faire reconnaître la forme prismatique propre au nitrate de potasse.

3° Si on laisse un fragment de ce sel brut exposé à l'air humide, le nitrate de soude et le chlorure de sodium, fort solubles, se dissolvent complétement, et le résidu est alors composé presque exclusivement de chlorure de potassium.

Ces raisons plausibles suffisent pour prouver l'anomalie réelle dont nous parlions, et pour démontrer l'existence en quantité considérable de chlorure de potassium dans le sel brut extrait à Laguna.

Nous donnons ci-contre, d'après M. Raymondi, les analyses de plusieurs salpêtrières du Pérou.

Ce tableau montre combien la richesse en nitrate de soude est variable suivant les gisements, et par contre, combien le prix de revient doit être différent dans les diverses exploitations ; de là découle la nécessité impérieuse pour les nouvelles usines de s'assurer par des sondages et des analyses, non-seulement de l'importance mais surtout de la richesse en nitrate de la concession qu'elles veulent exploiter.

Le quantum d'iodate de soude diffère aussi beaucoup dans le sel brut des cinq salpêtrières dont nous venons de donner les analyses ; la concession

de Laguna contient en iode 0,30 %, l'extraction de l'iode de ses couches salpêtrées doit donc revenir à un prix très-bas, car les eaux-mères, après avoir servi à plusieurs dissolutions et cristallisations successives, doivent se charger d'iodate de soude et en contenir plus de 0,44 %, moyenne que nous avons admise, précédemment, dans l'examen de l'importance de la production du Pérou.

SUBSTANCES.	2e TYPE Laguna.	3e TYPE Laguna.	4e TYPE Argentina.	5e TYPE Uniana.	6e TYPE Hoyada.
Nitrate de soude	49,60	60,18	60,91	46,43	45,96
Chlorure de sodium	24,70	11,72	22,98	33,81	35,59
— de potassium	»	11,68	2,13	2,98	0,61
— de magnésium	»	»	»	0,09	»
Sulfate de soude	6,60	3,60	0,59	»	0,91
— de magnésie	3,80	2,30	1,40	0,73	2,91
— de chaux	1,27	»	»	»	»
Iodate de soude	0,30	0,23	0,16	0,14	0,49
Matières terreuses	11,40	»	»	»	»
Eau	2,33	9,69	1,89	9,27	8,23

Salpêtre du Chili. — Le fait le plus nouveau et le plus important à signaler, c'est la découverte au Chili d'immenses gisements de salpêtre.

Pendant longtemps on a cru que c'était seulement dans la province de Tarapaca, au Pérou, qu'on rencontrait le salpêtre en quantité suffisante pour que son exploitation fût avantageuse ; mais, lorsque la consommation de cet article de commerce en a élevé le prix, il s'est trouvé de hardis explorateurs qui ont parcouru les côtes désertes de la Bolivie et du Chili, pour y chercher des formations analogues.

Les premiers dépôts furent découverts en Bolivie près d'Antafagasta, et quelques années plus tard on en trouvait d'autres beaucoup plus importants dans l'intérieur du pays. Cette découverte fut suivie de celle des salpêtrières de Toco, aussi en Bolivie. Enfin, les chercheurs trouvèrent dans le nord de la province chilienne d'Atacama des signes indubitables de la présence du salpêtre, et c'est de ces dépôts que nous allons nous occuper (fig. 23).

Toutes ces tentatives isolées, dues à l'initiative privée, n'aboutirent qu'à la création de quelques établissements qui ne purent prendre aucune extension dans un pays complétement désert, dépourvu des ressources les plus indispensables, même d'eau potable, et séparé de la côte par des chaînes de montagnes presque continues. La côte nord du Chili sort, en effet, toute abrupte de la mer et n'est coupée par des gorges que sur un petit nombre de points. C'est par ces gorges seulement que l'on peut monter au plateau, qui s'étend depuis le pied de la cordillère à l'est, jusqu'au delà des frontières de la République au nord.

Le gouvernement chilien a voulu, pour ce qui le regardait, venir en aide à l'initiative privée, il a envoyé dans le désert diverses commissions composées d'hommes des plus compétents pour étudier les nouveaux gisements de salpêtre, faire connaître les richesses minérales du désert d'Atacama, reconnaître les moyens de communications possibles du plateau à la côte, et enfin découvrir une baie convenable pour l'établissement d'un port de commerce, afin de mettre en communication, avec le marché universel, les industriels qui voudraient exploiter ces immenses richesses.

Ces mesures sont toutes nouvelles, elles datent des premiers mois de 1877, et déjà les projets proposés par les commissions sont en cours d'exécution, suivant la louable habitude américaine qui laisse écouler le moins de temps possible

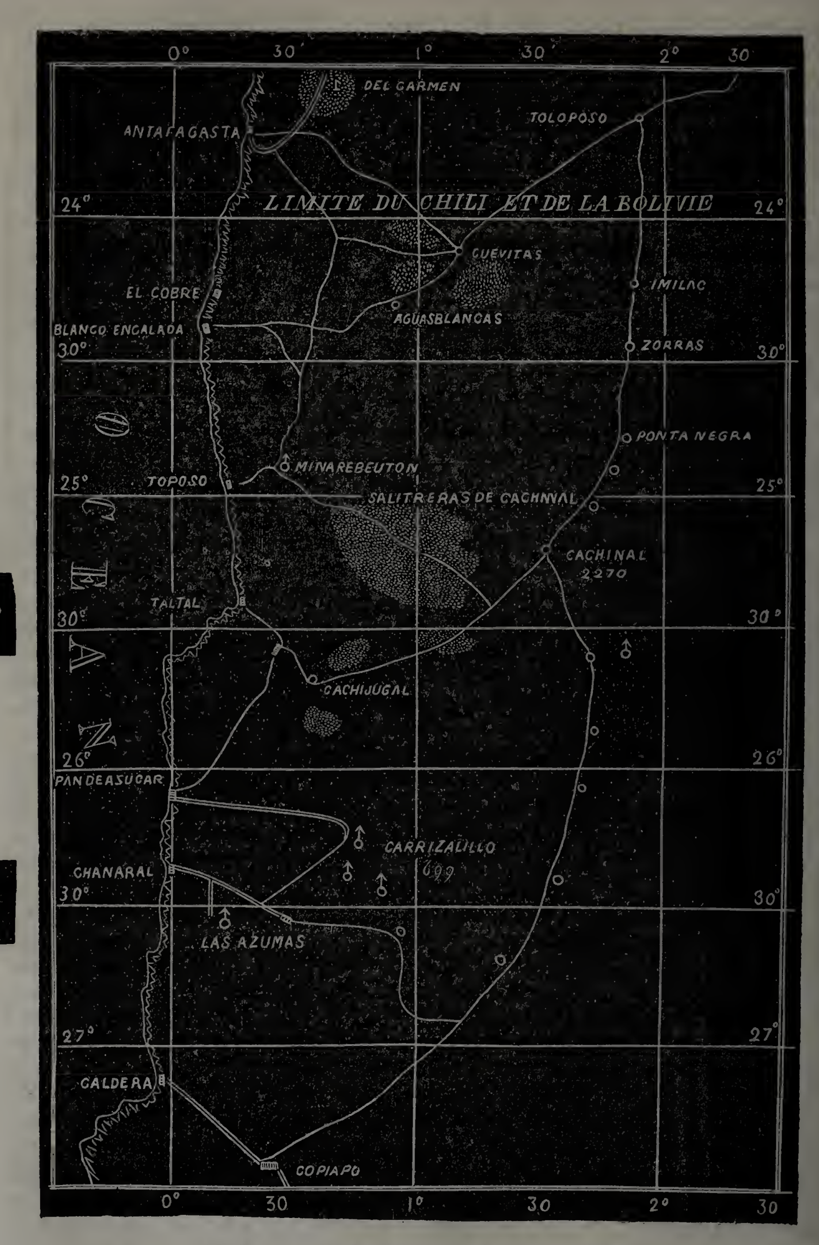


Fig. 23. — Carte des dépôts de salpêtre au Chili.

entre l'émission d'une idée et son application. Le gouvernement chilien s'est en effet empressé d'entreprendre, sans perdre de temps, les ports de Blanco Ancalada et celui de Taltal ; on peut aussi être assuré que, sous peu, ces deux ports seront réunis par des voies carrossables aux salpêtrières du centre du plateau. Tous les travaux de reconnaissance sont complétement terminés, et

le chemin de la vallée de Remiendos, qui part du port de Blanco Encalada, situé à 24° 22′ 20″ latitude sud et 70° 36′ 51″ longitude ouest, est en pleine voie d'établissement. Voici, du reste, un tableau qui résume les travaux de M. l'ingénieur E. Planzolles, pour le tracé et l'exécution de cette route d'une largeur de chaussée de 6 à 7 mètres et complétement empierrée :

Sections.	Longueur de chaque section.	Altitude au point de départ.	Altitude au point d'arrivée.	Différence de niveau.	Taxe moyenne.	Coût par kilomètre.	Coût de la section.
	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	pour cent.	piastres.	piastres.
1°	3,500	6	76	70	2	3,000	10,500
2°	18,000	76	915	839	4 ½	2,000	36,000
3°	6,000	915	1,221	366	6	5,000	30,000
4°	13,500	1,281	1,753	472	3 ½	1,000	13,500
	41,000						90,000

L'entrée de la vallée de Remiendos est formée par le lit desséché d'une ancienne rivière. C'est au fond même de ce lit, long d'environ 40 kilomètres, qu'est établie la chaussée de la voie carrossable.

La commission, chargée d'explorer les gisements de salpêtre, n'a pu pousser très-loin ses investigations, à cause des difficultés de toute nature que l'on rencontre à chaque pas ; mais, de son exploration sommaire, on peut conclure que le désert d'Atacama renferme des dépôts considérables de salpêtre et de guano, et l'étendue de ces gisements, d'après tous les rapports des explorateurs, doivent être regardés comme aussi considérables que ceux du Pérou. Au commencement de toute exploitation, il faut toujours lutter contre de grands obstacles ; mais avec l'aide du gouvernement chilien, dont la sympathie est acquise à toutes les entreprises industrielles, il sera facile de les surmonter. Les capitalistes et les négociants ne peuvent rester indifférents, surtout dans ce moment de crise commerciale qui paralyse toutes les entreprises européennes, à la découverte d'un produit dont l'exploitation est si facile et l'écoulement si assuré.

L'importance de cette nouvelle découverte, le puissant intérêt qui s'attache à l'exploitation de ces gisements nouveaux, dans une contrée complétement inconnue, nous oblige à entrer dans quelques détails au point de vue géologique et surtout au point de vue de l'exploitation des salpêtrières, et de la composition des différentes variétés de caliche. Ces détails, complétement nouveaux, nous les tenons de la Légation chilienne, qui a bien voulu nous communiquer tous les travaux des différentes commissions chargées d'explorer le désert d'Atacama, pour le compte du gouvernement. Le rapport de M. A. Pissis est certainement le plus complet, et nous extrayons ce qui peut intéresser nos lecteurs, soit comme données scientifiques, soit comme renseignements industriels, pour ceux qui voudraient porter leur industrie ou leurs capitaux sur les bords du Pacifique.

Aspect général. — On considère généralement le désert d'Atacama comme une vaste plaine enfermée entre deux cordillères, celle de la côte et celle des Andes. Il s'en faut de beaucoup que cette idée soit exacte. L'intérieur du désert ne se compose pas seulement de plaines, il contient aussi un grand nombre de petites montagnes qui s'étendent d'une cordillère à l'autre, et le partagent en grands bassins hydrographiques limités pas des chaînes transversales, dont la direction est à peu près du nord-ouest au sud-est.

Entre les parallèles 23 et 27, on trouve quatre de ces bassins, dans lesquels le voient encore les lits des cours d'eau qui arrosaient autrefois ces vastes régions. Celui du nord comprend tout l'espace compris entre les hauteurs de Naguayan, de Caracoles et d'Atacama, au nord ; celui de l'est est limité par la partie de la cordillère des Andes, qui s'étend du volcan de Licancaur au Lullaillaco, et est fermé au sud par un cordon qui part de la cordillère de Varas, se dirige vers les hauteurs de Los Cardones et del Cabre, pour finir du côté de la côte par ceux de Jara et de Jorgillo. Ce vaste bassin débouche près d'Autofagasta par une vallée profonde, dite de la Négra, et comprend, sur le territoire chilien, les plaines qui se rapprochent le plus du 24e degré, savoir : celles de Palestina, d'Aguas Blancas et une partie de la vallée de Matéo.

Le second bassin, celui de Cachiyuyal, commence au sud du pic dit du Cabre et de la cordillère de Varas ; il est limité à l'est par la cordillère de Vaquilla jusqu'au Chaco, et puis cette montagne, qui forme le sommet des Andes jusqu'au volcan de Dona Ines, d'où part le cordon qui borne ce bassin au sud, et vient passer par les hauteurs du Hornillo et de Cachiyuyal. Ce bassin débouche au port de Taltal, et contient les plaines les plus étendues du désert chilien : celles du Prophète, de Cachinal, de Sandon, la vallée de l'Enchantée et les plaines Cachiyuyal.

Le troisième bassin est plus petit, et ne contient que de petites plaines ; il a pour limites, au nord, le cordon dont je viens de parler ; il s'étend à l'est jusqu'au volcan de Dona Ines et au mont dit Indio Muerto, et est fermé au sud par un autre cordon qui va jusqu'au Cerro Négro et au Carrizalilla. Il se compose de vallées étroites, et vient finir en face du Pain de sucre.

Enfin, le dernier bassin comprend le lit de Rio Salado et les nombreuses vallées qui y aboutissent.

Il est borné au sud par le cordon qui, partant du Cerro de Azufre, passe par le plateau de Tres Puntas et finit à la cordillère de la côte près de Las Animas. Le terrain de ce bassin est très-ondulé et n'a point de grandes plaines, mais seulement des vallées longues et étroites.

Quoique les quatre cordons qui limitent ces bassins atteignent des hauteurs assez remarquables, ils ne présentent pas au milieu du désert l'aspect de montagnes escarpées, mais plutôt celui de collines arrondies et s'élevant en pentes douces. De là, partent de nombreuses ramifications, dont les directions générales sont du nord au sud et du nord nord-est au sud sud-ouest. Ces ramifications partagent les grands bassins en plaines plus petites, dont quelques-unes, entièrement fermées, montrent qu'elles ont été occupées autrefois par de grand lacs.

Telle est la forme générale du désert. Les plaines sont d'autant plus élevées qu'elles se rapprochent davantage de la cordillère des Andes, et à la distance d'environ 100 kilomètres de la côte, leur hauteur dépasse celle de la chaîne maritime de la cordillère, de telle sorte qu'en partant de la mer, les terres s'élèvent par degrés et d'une façon à peu près uniforme. La plaine de Cachiyuyal, qui est à 60 kilomètres environ de la côte, est à 1,371 mètres d'altitude, tandis que celle de Cachinal de la Sierra, éloignée d'environ 100 kilomètres, s'élève jusqu'à 2,270 mètres. La pente de la première est de 22.8 pour 1000, et celle de la seconde de 22.7 pour 1000.

Cette disposition du terrain est très-favorable à l'établissement de voies ferrées, d'autant plus que le sol, formé d'alluvions pour la plus grande part, permet de faire à peu de frais les travaux de terrassement.

Géologie. — La structure géologique du désert d'Atamaca est remarquable par sa régularité. Les diverses formations sont disposées par bandes parallèle

dans la direction approximative du nord au sud, de telle sorte qu'à quelque point que l'on traverse le désert, on rencontre les mêmes couches placées dans le même ordre.

Près de la mer et sur la pente occidentale de la cordillère de la côte, se trouvent des roches stratifiées, appartenant à toutes les époques azoïques et paléozoïques : ce sont des gneiss, des schistes, des silices, des graviers et des sables ouges. Ces roches disposées en couches. toutes fort inclinées, sont souvent coupées par des masses plutoniennes entre lesquelles on remarque les siénites et les labradorites. Ces dernières se rencontrent surtout près de la mer, où elles forment la plupart des récifs et quelques petites îles.

Au contact de ces masses plutoniennes, les roches stratifiées ont éprouvé des altérations profondes dans leur structure et dans leur composition ; elles ont presque toujours l'aspect de porphyre, et sont traversées par de nombreuses veines de quartz et d'épidote, de telle sorte qu'il est difficile de les reconnaître à première vue, parce que, si l'on en excepte la stratification, elles ne conservent presque aucun de leurs caractères primitifs.

A la distance de douze à quatorze kilomètres de la côte, les roches plutoniennes commencent à prédominer, laissant à l'ouest l'étroite bande occupée par les formations stratifiées, et s'étendent de cette bande au pied des Andes, de telle sorte qu'elles occupent à peu près seules toute la dépression centrale.

Près du port de Chanaral, on voit la siénite couper les roches stratifiées, tantôt en formant des masses considérables, tantôt des digues étroites qui s'étendent entre les couches, comme des ramifications de la masse principale. A Taltal, ce sont les porphyres augitiques qui coupent les stratifications, et les transforment au point de contact en roches amygdalaires.

Les stratifications reparaissent vers la base de la cordillère des Andes, mais ce ne sont plus les mêmes qu'on voit près de la côte ; elles appartiennent à des époques moins anciennes et reposent presque toujours sur le gravier rouge. Quelques argiles rouges, qui semblent se rapprocher à la formation du trias, sont les premières qu'on voit s'appuyer sur le gravier rouge, après que l'on a passé la région occupée par les masses plutoniennes. Quelquefois, elles viennent assez près de la cordillère de la côte, et on peut les voir près des mines de Papose, dans les salpêtrières de Cachinal et dans celles d'Aguas Blancas. Plus à l'est, étendues sur les pentes de la cordillère des Andes, apparaissent les formations calcaires de l'époque jurassique. Dans toute cette région, les terrains stratifiés ont éprouvé de nombreux soulèvements ; ils sont mis en pièces par les roches plutoniennes, et ne se présentent qu'en bandes plus ou moins larges qui s'étendent dans la direction des cordons transversaux et s'approchent plus ou moins de la cordillère de la côte, comme dans la formation calcaire de Tres Puntos, dans celle de la Floride, plus rapprochée de la mer, dans celles de l'Enchantée et de Sandon, qui sont plus à l'est; enfin, dans celles de Cachina, de la Sierra et de la Palestina. Dans toutes ces bandes, la formation calcaire présente les mêmes caractères que dans les environs de Copiacò et de Tres Puntos. La partie intérieure se compose de graviers calcaires, de jaspes, et plus haut se trouvent les calcaires purs avec leurs nombreux fossiles.

Voici l'ensemble des anciennes formations qu'on voit dans le désert : Près de la côte, les stratifications paléozoïques ; au milieu, les roches plutoniennes ; sur le versant occidental de la cordillère des Andes, la formation jurassique ; et, au sommet de cette vaste agglomération de montagnes, les formations volcaniques, au milieu desquelles s'élèvent les volcans éteints del Azufre, de Dona Ines, du Chaco et du Llullaillaco. Mais il y a une autre formation beaucoup plus moderne, qui imprime au désert un aspect caractéristique. Ce qui appelle surtout l'attention quand on pénètre pour la première fois dans la région centrale,

c'est la nudité uniforme de cette région, où les plaines et les hauteurs sont couvertes d'une couche de sable et de petites pierres. Lorsqu'on examine celles-ci avec attention, on voit qu'elles conservent leurs angles, et ne peuvent provenir d'alluvions semblables à celles que contiennent les plaines du sud du Chili.

En outre, on voit s'élever, de distance en distance, de gros rochers aux formes étranges, qui représentent les ruines d'anciens édifices, avec leurs fenêtres, leurs aiguilles hautes et fines, qui contrastent avec les formes arrondies et unies des hauteurs. Cette immense quantité de terrains désagrégés et ces rochers singuliers sont le résultat de la destruction des roches plutoniennes. Suivant que les pics se démolissaient peu à peu, les parties plus résistantes restaient saillantes et formaient ces rochers isolés. La cause principale de cette destruction est due aux changements répétés de température. Les roches plutoniennes, soumises pendant le jour à l'action permanente du soleil, se réchauffent jusqu'à plus de cinquante degrés, puis se refroidissent rapidement la nuit jusqu'à deux ou trois degrés en été, et au-dessous de zéro en hiver. De là des mouvements fréquents de dilatation et de retrait, dans lesquels les roches se fendent en tous sens, perdent leur solidité et finissent par s'effondrer. Celles qui occupent les sommets se partagent en feuilles qui s'ouvrent comme celles d'un livre; d'autres se séparent en couches concentriques qui se détachent de la masse et tombent au pied, comme de petites écailles, qui glissent sur les pentes et couvrent le bas des montagnes; enfin, l'action de l'air se fait sentir sur les roches feldspathiques; le feldspath se transforme en kaolin, et toutes ces écailles se réduisent en poussière.

Un seul des éléments constitutifs de ces roches résiste à la destruction : c'est la silice sous la forme de quartz ou de calcédoine. Sur les points où se trouvent les amygdalaires (et elles accompagnent toujours les porphyres ou les trachytes), les nombreuses calcédoines qu'elles contiennent restent à la surface du sol, et c'est l'origine de celles qui se trouvent répandues en si grande quantité qu'elles couvrent quelquefois de vastes plaines. Enfin, les pluies rares, mais copieuses, qui tombent dans le désert, emportent dans les plaines toutes ces terres sans consistance, et forment avec le temps les couches épaisses de la surface. On doit attribuer aux mêmes causes les formes arrondies et les pentes douces des montagnes, les parties saillantes étant les plus exposées à l'action du soleil et les premières détruites. C'est à cette grande formation de terrains désagrégés que se rapportent d'autres dépôts qui, à cause de leur importance, méritent de faire l'objet d'une étude plus approfondie.

Dépôts de salpêtre. — Les dépôts de salpêtre se trouvent répandus dans la partie centrale du désert, entre 26° 30′ et 24° environ. Ils sont situés au sommet des plaines qui viennent déboucher dans les grands bassins hydrographiques ou dans des plaines enfermées de tous les côtés, qui semblent avoir été occupées autrefois par de vastes lacs. On ne les rencontre qu'à une certaine distance des lits des anciennes rivières, et dans les vallées comme dans les plaines, la partie la plus riche ne se trouve pas au centre, mais dans les petites collines qui l'entourent. Cette particularité tient sans doute à la grande solubilité du nitrate de soude; dans les parties basses où viennent s'accumuler les eaux pluviales, ces eaux se sont trouvées en quantité suffisante pour dissoudre le nitrate, qui, absorbé par infiltration, s'est perdu dans la profondeur de la terre.

On peut reconnaître à certains caractères les terrains où se trouve le salpêtre, et on en peut signaler d'abord deux tout différents. Les terrains connus sous le nom de salares se reconnaissent à une grande distance par la quantité de sel qui couvre la terre. Ce sel, qui forme la couche superficielle du sol, se présente en masses arrondies, saillantes, pleines de cavités formées de sel, de sulfate de

soude et de chaux mêlés avec une quantité plus ou moins grande de terre. C'est sous cette couche de sel qu'on trouve le salpêtre, d'ordinaire en couches dont l'épaisseur varie de un à cinq décimètres. Sa couleur est sombre, sa structure poreuse, et il contient toujours une certaine quantité de terre. La partie centrale de ces salares est pauvre de salpêtre, tandis que sur les bords, il est plus pur et plus abondant.

Dans les terrains de la seconde espèce, le salpêtre ne paraît point à la surface, formée d'une couche de terre et de petites pierres qui le couvrent; mais il y a des signes certains auxquels on peut reconnaître sa présence sous la couche superficielle du sol. Le premier est l'existence de petits bassins naturels, placés de distance en distance sur toute la surface du terrain. Ce signe se rencontre surtout dans les parties basses, où l'on remarque une dépression du sol, dans laquelle les eaux ont pu s'accumuler et dissoudre le salpêtre. Les eaux et le salpêtre disparaissant, le terrain a dû se creuser et former des bassins. Le second signe consiste dans les nombreuses crevasses qui se montrent à la surface du sol, se croisent en tous sens, et forment une infinité de polygones d'un aspect étrange, parce que les pierres qui se joignent dans ces crevasses forment les dessins les plus singuliers. Ces formes sont le résultat du retrait des masses de salpêtre, qui ont diminué de volume en se cristallisant, et se sont divisées en larges prismes reproduits à la surface du sol.

On considère aussi la présence des calcédoines comme un signe de l'existence du salpêtre, et il est certain qu'on en trouve une grande quantité dans quelques salpêtrières ; mais il en est un grand nombre où l'on ne voit pas de calcédoines, et si l'on se rappelle ce qui a été dit sur l'origine de ces calcédoines, on verra qu'elle n'a aucun rapport avec celle du salpêtre.

Sous la couche de terre, dont l'épaisseur varie de un à cinq et jusqu'à six décimètres, on trouve un terrain de couleur claire, compacte, et formé, pour la plus grande partie, de gypse et de petites pierres que les chercheurs de salpêtre appellent costras (croûtes). L'épaisseur de ce terrain est de deux à quatre décimètres, et c'est sous cette croûte que se trouve le salpêtre. Il se présente en couches très-irrégulières, dont l'épaisseur varie de un ou deux décimètres jusqu'à plus de deux mètres, et on remarque la même irrégularité dans la qualité du salpêtre.

Dans un même dépôt, il y a des parties où le salpêtre est très-compacte et mêlé seulement avec du sel et du sulfate de soude, tandis qu'à côté il est mêlé à une quantité plus ou moins grande de terre. Sous le salpêtre, on trouve parfois un autre terrain semblable à celui de la croûte, tandis qu'ailleurs, le salpêtre repose sur la roche même qui forme les hauteurs voisines. On peut observer que, dans ce dernier cas, le salpêtre est beaucoup plus pur que lorsqu'il repose sur des couches de gypse.

Des dépôts de salpêtre actuellement connus, le plus voisin de la mer est celui qui se trouve près de la lagune de Cachiyuyal. Il commence à six kilomètres au sud-est de cette lagune et s'étend jusqu'au Cerro del Hornillo. Il est situé sur une colline de peu de hauteur, qui s'élève au couchant du lit de l'ancienne rivière de Cachiyuyal, formant une bande étroite de cinquante à soixante mètres de largeur sur une étendue d'environ huit kilomètres. C'est dans la partie moyenne que le dépôt de salpêtre atteint sa plus grande épaisseur, qui va jusqu'à un mètre, mais qui diminue graduellement à mesure que l'on s'éloigne de cette partie centrale. Ce salpêtre est de couleur jaunâtre, contient beaucoup de sel, et son titre ne dépasse pas 25 $^0/_0$.

Si l'on se dirige au nord-est, à vingt-six kilomètres environ de la lagune de Cachiyuyal, on trouve la salpêtrière de Gonzalez. Elle est située dans une petite dépression de terrain entre les collines qui s'élèvent au nord du chemin de

Cachinal de la Sierra. Elle est peu étendue, et le dépôt est très-irrégulier ; mais le salpêtre est de qualité excellente, quoique mêlé d'une certaine quantité de sable ; il repose immédiatement sur la roche porphyrique, dans laquelle il forme des espèces de veines.

En suivant au nord-est, et après avoir traversé une grande plaine couverte de calcédoines, on rencontre la salpêtrière de Baron, à douze kilomètres environ de la précédente. Cette salpêtrière a été peu explorée. Dans un bassin dont la profondeur dépasse un peu un mètre, on voit le salpêtre reposer aussi sur la roche porphyrique dans laquelle il pénètre jusqu'à une certaine profondeur.

Ce salpêtre, mêlé à une quantité de sable qui varie de 20 à 35 $^0/_0$, est blanc, très-pur, et donne plus de 45 $^0/_0$ de matière soluble.

Les salpêtrières où les travaux d'exploitation ont été poussés le plus loin, sont celles de la Compagnie de Colleja, Guzman, etc. Elles sont situées au nord de la précédente, à la distance de 16 kilomètres environ, et occupent une plaine étendue, enfermée entre des collines et des montagnes, dont le centre semble avoir été occupé par un lac. Dans cette partie centrale, on ne trouve qu'une couche mince de salpêtre ; mais, à mesure qu'on approche des hauteurs, le dépôt prend plus d'ampleur. Au sud, on peut observer son importance, grâce aux nombreux puits qui ont été creusés, et voir que la couche varie de plus de 1 mètre jusqu'à 2 mètres 60 environ. Le salpêtre est très-compacte, jaunâtre ; il contient assez de sel et de sulfate de soude, et son titre, relevé sur plusieurs essais, varie de 23 à 30 $^0/_0$. Cette couche de salpêtre repose sur une roche assez dure, composée de gypse et de petites pierres. Les parties du nord, connues sous le nom de Troisième salpêtrière, contiennent la même espèce de salpêtre, mais la couche est plus mince et dépasse à peine un mètre d'épaisseur. Dans les parties bien explorées, on voit quelquefois cette couche reposer sur la même roche que la précédente, et quelquefois sur un porphyre décomposé. On observe que, dans ce dernier cas, la qualité du salpêtre est meilleure.

Après avoir dépassé les collines qui ferment au nord la seconde et la troisième salpêtrière, on arrive à une autre plaine très-étendue, dans laquelle on a découvert, dans ces derniers temps, un nouveau dépôt de salpêtre. On n'a fait que peu de travaux d'exploration, et seulement dans la partie orientale. La situation et la qualité des salpêtres ont beaucoup d'analogie avec ce qu'on voit dans la salpêtrière de Baron. Comme à Baron, le salpêtre est mêlé à une certaine quantité de sable ; mais il est de qualité supérieure, contient peu de sel et de sulfate de soude, et donne plus de 40 $^0/_0$.

Enfin, à l'est de ces salpêtrières et en allant vers Cachinal de la Sierra, on trouve deux autres dépôts. Le premier est la Descubridora de Banado, à 24 kilomètres environ de la lagune ; il est situé dans une plaine de 12 kilomètres de long sur 3 ou 4 de large. La couche de salpêtre a été reconnue sur quelques points, et son épaisseur est d'environ 1 mètre. Le salpêtre est un peu rouge, assez pur, puisque deux essais ont donné 36 et 42 $^0/_0$. Le second dépôt, connu sous le nom de Première salpêtrière de la Compagnie Guzman, est beaucoup moins important, de peu d'étendue, situé entre deux collines au sud de la Descubridora. On y a fait peu de travaux d'exploration, de telle sorte qu'il est difficile de se faire une idée exacte de son importance. Le plus souvent, ceux qui les ont découvertes se sont bornés à mettre à nu la couche de salpêtre, sans rechercher quelle était son épaisseur, ni quelle était la qualité du salpêtre à l'intérieur. D'ailleurs, la grande irrégularité de ces dépôts exigerait de nombreux travaux pour qu'il fût possible de se former une idée exacte des quantités existantes. Dans les rares reconnaissances qui ont été faites, il a bien été constaté deux faits, savoir ;

1° Que la partie la plus riche ne se trouve pas au centre des plaines, mais à la circonférence, là, où le terrain, se rapprochant des hauteurs, est plus incliné. A ce point de vue, les travaux des chercheurs n'ont pas toujours été bien dirigés; ils ont laissé de côté les parties les plus importantes.

2° Il a été constaté, en second lieu, que ces dépôts sont très-étendus, puisqu'on commence à les rencontrer à la base orientale de la cordillère de la côte et qu'ils vont jusqu'au pied des Aandes, occupant toutes les plaines qui existent dans l'intervalle.

Salpêtrières d'Aguas Blancas. — Par 24° 6′ et à 65 kilomètres en ligne droite de la côte, commence un vaste terrain salé qui va au sud jusqu'au marais d'Aguas Blancas, et qui, tournant quelques hauteurs, s'étend à l'est jusqu'au point appelé las Cuevitas ou Aguadula, occupant ainsi un espace de 38 kilomètres de l'est à l'ouest, et de 16 kilomètres du nord au sud. Sous la couche de sel qui couvre la surface de ce terrain, se trouve le nitrate de soude en couches minces de 1 à 2 décimètres. Il n'est pas très-pur, il est mêlé de terre, de sel et de sulfate de soude ; mais aux abords du dépôt, cette couche prend plus d'épaisseur, devient plus compacte et atteint 5 ou 6 décimètres ; en même temps, sa qualité s'améliore, et les essais faits sur des salpêtres retirés de quelques excavations ont donné 23 $^0/_0$.

Les salpêtrières de cette région ont été peu étudiées jusqu'à présent. On remarque, en général, que la qualité devient meilleure à mesure qu'on va au sud près des marais, et plus au sud-est, dans la direction de la cordillère de Varas. C'est là que, selon toute probabilité, se trouvent de riches dépôts; car l'on voit qu'au milieu des champs salés, on ne trouve point de salpêtre ou qu'on n'en trouve que peu, de mauvaise qualité. C'est donc sur les bords, à l'ouest, au sud et à l'est qu'il convient de diriger les explorations.

De l'origine du salpêtre. — Il n'est pas inutile d'entrer ici dans quelques considérations sur l'origine du salpêtre, parce qu'on en peut déduire des conséquences propres à faciliter les découvertes. La présence du sel commun, ou chlorure de sodium, dans toutes les salpêtrières, l'existence de ce corps sur de vastes surfaces, comme dans le champ salé d'Aguas Blancas, suggère qu'il y a un rapport entre la mer et ces dépôts, et qu'ils doivent être le résultat d'anciennes formations marines; mais si l'on étudie avec plus d'attention la situation des dépôts de salpêtre et des matières qu'ils renferment; si on observe qu'il n'y a dans aucun d'eux de formation calcaire, ni de roche stratifiée, comme on en trouverait si c'étaient des matières déposées dans quelque ancien golfe; si enfin, on observe que, sans aucun de ces dépôts, on n'a rencontré vestige de coquillages de mer, on reconnaît que la présence du sel est le seul caractère commun aux dépôts de salpêtre et à ceux qui ont été formés par la mer. D'ailleurs, sur plusieurs points, le salpêtre est mêlé de petites pierres, dont la présence éloigne toute idée d'un dépôt lentement formé dans les eaux ou par leur évaporation. Au lieu d'occuper les parties basses du terrain, le salpêtre est accumulé sur les collines, ou même sur des hauteurs considérables, comme aux mines de Paposo et jusque sur la cordillère de Maricunga, à plus de 4,000 mètres d'altitude. Il est clair par conséquent que son origine est locale, qu'il n'a pas été transporté d'ailleurs, et s'est formé dans le lieu même où il se trouve. Reste à chercher d'où peuvent provenir les éléments constitutifs du nitrate de soude et des autres corps qui l'accompagnent toujours, comme les sulfates de chaux et de soude et le chlorure de sodium. Ces éléments constitutifs sont : la soude, la chaux, l'acide nitrique, le soufre et le chlore.

Toutes les salpêtrières sont entourées de hauteurs composées de rochers feld-

spathiques; le sable qui couvre la plaine et le terrain qui forme la pente des hauteurs ont la même constitution. Les feldspaths qui forment ces rochers sont le labradorite, l'albite et l'oligoklase; le labradorite contient une grande quantité de chaux, l'albite de 8 à 10 p. 100 de soude, et l'oligoklase de la soude et de la potasse. On trouve donc dans ces corps la base des sels qu'on rencontre dans les salpêtrières; il n'y manque que les acides. Toutes ces roches contiennent des pyrites, dont l'oxydation a pu fournir l'acide sulfurique. On sait d'ailleurs que le chlore est produit en grande quantité dans les émanations volcaniques, et qu'un grand nombre des eaux qui sortent des trachytes contiennent des quantités considérables de chlorures.

La formation de l'acide nitrique semble à première vue présenter plus de difficulté; mais les expériences de Cloës ont établi d'une manière certaine que les carbonates alcalins, mis en présence de matières oxydables, ont la propriété de condenser les éléments de l'air atmosphérique et de le transformer en acide nitrique. On sait d'ailleurs que, sous l'influence de l'air, les feldspaths se changent en kaolin, abandonnant leurs bases alcalines, qui passent à l'état de carbonates, tandis que les silicates de fer du mica, de l'augite et de l'amphibole s'oxydent. Cette décomposition réalise les conditions requises pour produire l'acide nitrique.

Si l'on se rappelle ce qui a été dit de la rapidité avec laquelle se décomposent les roches du désert, on comprendra facilement la formation du salpêtre et sa situation au pied des hauteurs. Les roches, en s'effritant peu à peu, se réduisent en gros sable qui s'étend sur la pente des montagnes, d'où les pluies rares, mais copieuses, du désert, les entraînent dans les plaines. Ces sables feldspathiques subissent la décomposition que nous venons d'indiquer et se réduisent en une terre composée de kaolin, d'oxyde de fer, de sulfate de chaux, de chlorure de sodium et de carbonate de soude. Ce dernier se change à son tour en nitrate, et lorsque viennent d'autres pluies, les sels les plus solubles sont emportés par les eaux qui s'infiltrent jusqu'à la base des hauteurs, tandis que le sulfate de chaux, beaucoup moins soluble, reste mêlé au kaolin. Cette couche de sulfate de chaux et d'argile, qui forme la croûte des salpêtrières, se trouve non-seulement dans les plaines, mais jusqu'au sommet des hauteurs, et en quelque endroit qu'on écarte le sable de la surface, on trouve une matière blanche, poreuse, formée pour la plus grande partie de sulfate de chaux. Lorsque les eaux d'infiltration s'évaporent, les sels qu'elles tenaient en dissolution se cristallisent, et c'est ce qui explique pourquoi le salpêtre se trouve toujours mêlé d'une quantité plus ou moins grande de terre et de sable.

Il est donc établi que le salpêtre ne peut provenir que de la décomposition des roches feldspathiques; et comme ces roches forment la partie centrale du désert, du Rio Salado au 24ᵉ degré, il n'est pas douteux qu'outre les dépôts de salpêtre, actuellement connus, il doit en exister beaucoup d'autres au sud du 26ᵉ degré et au nord du 25ᵉ, et il sera facile de les trouver, si l'on se guide sur les indications données ci-dessus.

Quantité de salpêtre. — Les travaux d'exploration pratiqués jusqu'à ce jour dans les salpêtrières de Cachinal et d'Aguas Blancas sont si insuffisants qu'il y aurait de la témérité à tenter une évaluation, même approximative, des quantités de salpêtre qu'elles peuvent contenir. Tout ce qu'on peut assurer, c'est que cette quantité est fort grande, et, pour en donner quelque idée, nous nous bornerons à l'examen des salpêtrières 2 et 3 de la Compagnie Guzman, qui sont celles qui ont été le mieux explorées. Ces salpêtrières s'étendent sur 600 hectares. Dans plusieurs puits creusés au hasard, l'épaisseur du salpêtre varie de 1 mètre à 2 mètres 50 centimètres, de telle sorte que nous resterons bien au-dessous de la vérité en portant l'épaisseur moyenne à un mètre, qui donne

6 millions de mètres cubes. Comme la densité du salpêtre est double de celle de l'eau, ces 6 millions de mètres cubes donnent 240 millions de quintaux de salpêtre brut, et, en supposant qu'il rende 20 $^0/_0$ on trouve 48 millions de quintaux de salpêtre raffiné. Dans le cas où la production annuelle serait de 1,000,000 de quintaux, on voit que ces deux concessions ne seraient pas épuisées avant quarante-huit ans. Il n'y a donc nulle exagération à dire que la partie chilienne du désert d'Atacama peut fournir pendant plus d'un siècle de grandes quantités de salpêtre.

Moyens d'exploitation. — Bien qu'il convienne de laisser à l'intelligence des propriétaires de salpêtrières le soin de choisir les meilleurs moyens d'en tirer parti, il peut être utile de donner ici quelques indications.

Les dépôts de salpêtre ne sont pas d'une formation qui permette de les comparer à ceux de houille ou de tout autre minéral stratifié. Ils sont très-irréguliers, soit quant à l'épaisseur, soit quant à la qualité. Et comme, dans toute industrie, le plus important est d'amortir les premières dépenses, l'exploitation doit commencer par les points où le salpêtre est de meilleure qualité, ce qui exige une exploration préalable, mais peu coûteuse, parce que le salpêtre se trouve à peu de profondeur, sous une croûte qui généralement n'est pas dure.

Les méthodes connues jusqu'à présent pour constater le titre des salpêtres sont très-compliquées ou laissent beaucoup à désirer quant à l'exactitude. M. A. Pissis en a cherché une plus simple et assez exacte, qui fût à la portée de tous ceux qui s'occupent de l'industrie du salpêtre. La voici : On mêle parfaitement le salpêtre avec un poids de charbon égal au sien, et on le chauffe dans un creuset jusqu'au rouge sombre. Tous les nitrates se changent en carbonates. Ensuite, on fond dans l'eau, et on lave sur un filtre jusqu'à ce que l'eau du lavage ne présente aucune réaction alcaline; puis on évalue la quantité de carbonate par la méthode connue de l'alcalimètre, et de là on déduit la quantité de nitrate, en partant de ce fait que 1,000 de carbonate équivalent à 1602 de nitrate. Cette méthode est si simple, qu'on peut s'en servir même dans les salpêtrières.

En outre, on peut évaluer approximativement la quantité de nitrate par les indications suivantes : Quand il y est à moins de 15 $^0/_0$, la décomposition a lieu sans déflagration apparente; entre 15 et 25, elle est visible, mais d'une intensité médiocre; de 25 à 40, elle est assez vive; au-dessus de 40, elle est si vive qu'il y a projection, et il faut, pour l'éviter, augmenter la quantité de charbon jusqu'au double du salpêtre brut que l'on veut essayer. Enfin, il faut ne pas trop chauffer le creuset, parce qu'une partie du sulfate se transformerait en sulfure, et les résultats cesseraient d'être exacts.

Toute l'exploitation du salpêtre repose sur la propriété qu'a le nitrate de soude de se dissoudre beaucoup plus dans l'eau chaude que dans l'eau froide. A la température de 10 degrés, l'eau dissout 0,78 de nitrate de soude, tandis qu'à 100 degrés, elle dissout 1,77; cette différence de 0,99 est ce qui se sépare et se cristallise au refroidissement. Le combustible est donc de première nécessité et forme la principale dépense de cette industrie. Peut-être serait-il possible de substituer au combustible l'action du soleil; il ne serait pas difficile pendant le jour, et avec des appareils spéciaux, de porter la température de l'eau à 60 degrés. En ce cas, elle dissoudrait 1,31 de nitrate, et, au refroidissement, il resterait 0,53 de nitrate raffiné.

Les salpêtres les plus avantageux ne sont pas toujours ceux qui contiennent le plus de nitrate pur. Les salpêtres compactes ne se dissolvent qu'avec peine, et il faut employer une machine pour les briser en petits morceaux; tandis que les salpêtres mêlés de sable se dissolvent avec la plus grande facilité.

Les salpêtrières contiennent ordinairement, outre le salpêtre, quelques produits susceptibles d'être utilisés : tels sont le sulfate de soude, qui pourrait servir à la fabrication de la soude, et l'iode, que l'on rencontre parfois en quantités assez grandes pour qu'il fût utile de l'extraire.

Moyens de transport. — Lorsqu'il s'agit de produits d'un prix peu élevé, le succès de l'industrie qui les exploite dépend en grande partie du coût des transports. Il est donc nécessaire avant tout, pour l'exploitation des salpêtrières, de trouver des voies de communication qui permettent d'effectuer les transports à bon marché ; à ce point de vue, les salpêtrières, celles du nord surtout, sont peu favorisées : entre les 26e et 24e degrés, la cordillère de la Côte a une hauteur moyenne de 1,200 mètres, et ne présente dans toute sa longueur que trois coupures par lesquelles il soit possible d'établir une communication avec l'intérieur. La première au nord est la vallée de Remiendos, qui a déjà été étudiée précédemment.

Enfin, à 25°,24′ s'ouvre la vallée de Taltal. Sur ce point, la cordillère est coupée à fond, et le terrain s'élève graduellement de la mer au pied des Andes. L'altitude de la lagune de Cachiyuyal, située à l'entrée de la plaine, est de 1,371 mètres, et sa distance de la mer est de 60 kilomètres, ce qui donne une pente moyenne de 21 pour 1000.

Le sol de cette vallée est formé de terre et de gravier, et il est incliné en pente uniforme, à l'exception d'un court espace situé au-dessous de Las Breas, où il présente une petite difficulté qu'on pourrait vaincre sans beaucoup de peine ni de dépense. Cette vallée se prête donc parfaitement à l'établissement d'une voie ferrée.

Des salpêtrières à la mer, la déclivité est presque uniforme et suffisante pour mettre les wagons en mouvement ; de telle sorte que le transport des salpêtres pourrait s'effectuer presque sans dépenses de force, celle-ci n'étant nécessaire que pour ramener les wagons et porter les objets de consommation. La vallée de Taltal est donc la seule qui se prête à l'établissement d'une voie ferrée susceptible de satisfaire les besoins d'une grande industrie. On pourrait établir un petit embranchement de la lagune aux salpêtrières de Bonados et Oliros ; mais la ligne principale doit aller au nord, parce que c'est là que sont les salpêtrières les plus importantes, et si, comme tout le fait supposer, il en existe d'autres au nord de celles qui sont connues, la ligne pourrait être prolongée jusqu'à celles d'Aguas Blancas.

Conclusion. — Le désert d'Atacama présente un vaste champ à l'industrie minière, et mérite à ce point de vue toute l'attention des industriels et des capitalistes. Les exploitations du salpêtre, produit si facile à vendre et à extraire, doivent donner de grands bénéfices à ceux qui les entreprendront ; de son côté, le gouvernement du Chili ne peut que s'intéresser à cette nouvelle fabrication dans un désert jusqu'alors inconnu, et qui renferme cependant des richesses incalculables. Le Chili a déjà fait beaucoup, il lui reste à créer des lignes ferrées, à encourager la formation de services maritimes qui assurent au port de Taltal des débouchés pour les produits fabriqués, et les arrivages réguliers des objets nécessaires à la vie de la nombreuse population que doit attirer l'exploitation des nouveaux gisements.

Analyse et titre des salpêtres.

Salpêtre d'Aguas Blancas, jaune clair.

Partie insoluble dans l'eau, composée d'argile et de gypse. . .	9 %
Partie soluble, composée de :	
Nitrate de soude.	15 »
Sulfate de soude.	56 »
Chlorure de sodium.	24 »
Sulfate d'alumine.	3 »

Salpêtre de la pampa de Lavanderos à Cachinal.

Partie insoluble dans l'eau, composée de sable feldspathique, de quartz, d'argile et de gypse	51 %
Partie soluble composée de :	
Nitrate de soude.	76 »
Sulfate de soude.	24 »
Chlorure de sodium.	6 »
Sulfate d'alumine	4 »

Salpêtre de Baron.

Partie insoluble dans l'eau, composée de sable feldspathique, quartz, argile et gypse.	47 %
Partie soluble composée de :	
Nitrate de soude.	52 »
Sulfate de soude.	6 »
Chlorure de sodium.	34 »
Sulfate d'alumine.	5 »
Iode.	traces.

Salpêtre de la seconde pampa, Compagnie Guzman.

Matières insolubles dans l'eau.	53 %
Nitrate de soude.	12 »
Sulfate de soude.	9 »
Sulfate de chaux.	9 »
Sulfate d'alumine.	8 »
Chlorure de sodium.	6 »
Eau	1 »
Magnésie	traces.

Salpêtre d'Aguas Blancas, concession Pona.

Matières insolubles dans l'eau.	9 %
Nitrate de soude.	5 »
Sulfate de soude.	68 »
Sulfate d'alumine.	6 »
Chlorure de sodium.	9 »
Eau	1 »

Salpêtre de la pampa de Lavanderos.

Matières insolubles dans l'eau.	64 %
Nitrate de soude.	17 »
Sulfate de soude.	6 »
Sulfate d'alumine.	2 »
Sulfate de magnésie.	3 »
Chlorure de sodium.	6 »

Salpêtre de Cachinal, seconde pampa.

Matières insolubles dans l'eau	23 %
Nitrate de soude	32 »
Sulfate de soude	10 »
Sulfate de chaux	6 »
Chlorure de sodium	22 »
Eau	2 »

Titres de quelques salpêtres.

Salpêtre d'Aguas Blancas	13 %
— de la pampa de Lavanderos	37 »
— de la salpêtrière de Baron	27 »
— de la Descubridora (Banados)	42 »
— de Cuchiyuyal	6 »
— de la troisième pampa	13 »
— de Baron	30 »
— de Aguilar	15 »
— d'Aguas Blancas (Pona)	6 »

CONCLUSION GÉNÉRALE.

L'étude complète des différents produits que nous avons examinés précédemment dès leurs débuts, et dont nous avons constaté l'état actuel en les retrouvant à l'Exposition universelle, va nous permettre de porter un jugement certain sur leur situation économique, aussi bien dans le présent que dans l'avenir, sans tenir compte, bien entendu, des découvertes nouvelles qui, dans notre siècle de progrès, peuvent, tous les jours, changer d'une façon radicale nos moyens de production, et dérouter, par conséquent, les prévisions les mieux assises.

Nous allons, en quelques mots, résumer les impressions que nous laisse l'Exposition de 1878, au sujet des produits qui nous occupent.

Potasse. — La potasse des cendres n'existe plus qu'en Russie et en Amérique; l'industrie des marais salants ne peut plus fournir que des sels impurs pour l'agriculture, en quantités tellement faibles qu'elles sont sans influence sur le marché; les sels de varechs sont aussi d'une importance très-secondaire; seuls, les sels de potasse extraits des vinasses de betteraves, du lavage des laines et des gisements de Strassfürt doivent se partager les besoins de l'Europe entière, à la seule exception de la Russie.

La lutte est désormais engagée entre les potasses indigènes de betteraves et de suint et celles provenant de la transformation des sels de Strassfürt. Cette concurrence terrible de la potasse allemande a eu pour première conséquence une baisse subite et ruineuse pour les fabriques de potasses françaises; elle a presque complétement fermé le marché allemand pour l'écoulement de leurs produits. Mais, dans les conditions actuelles, les raffineries françaises, une fois remises de l'émotion causée par une dépréciation de prix si imprévue, et revenues à une exploitation plus calme et plus régulière, peuvent parfaitement soutenir la lutte et empêcher la potasse allemande de s'emparer des marchés belges et anglais, lui laissant le champ libre pour la Hollande et l'Autriche.

L'industrie de la potasse est du reste arrivée, en France, à la perfection, et ses produits courants, si bien représentés à l'Exposition, le disputent comme aspect et pureté aux produits de laboratoire et de pharmacie. On ne peut rien

préparer de plus beau que nos soudes à 97 % de pureté et nos potasses à 95 %. Seuls les procédés ou plutôt les appareils de fabrication laissent à désirer, et bon nombre d'usines, même celles qui ont remporté les premières récompenses, sont encore montées dans des conditions peu économiques comme chauffage et manutention; leur installation diffère peu de celle des vieilles usines qui traitent les cendres de bois en Russie et en Amérique.

A propos de cette imperfection de l'outillage en général, nous disions dans le courant de notre étude que : *nécessité fait loi;* nous sommes, en effet, persuadé que les usines, sans la pression d'une concurrence redoutable, se renouvelleront complétement.

Toutefois, nous maintenons toujours que la régénération de notre industrie des potasses réside bien moins dans les perfectionnements à apporter à son outillage, que dans un changement radical, dans son mode d'exploitation. Le *raffineur intermédiaire* doit disparaître pour faire place au *distillateur raffineur;* la différence de prix de revient que nous avons établie pour ce dernier prouve du reste surabondamment la valeur de notre affirmation.

Iode. — La fabrication française de ce produit nous semble sérieusement menacée par la concurrence des États-Unis de l'Amérique du Sud. On ne se douterait pas, nous le répétons à dessin, en voyant la brillante exposition des raffineurs de nos côtes de l'ouest, que cette industrie est appelée à disparaître chez nous; malheureusement la chose ne nous semble que trop probable, malgré les grands perfectionnements apportés par MM. Pellieux et Mazé-Launay, qui n'auront pour effet que de prolonger l'existence de la fabrication de l'iode de varechs. Nous ne pouvons admettre, en effet, que les soudes de varechs, qui produisent l'iode au prix de revient minimum de 20 fr. le kilogramme, puissent longtemps soutenir la concurrence des eaux mères du nitrate de soude, qui peuvent produire l'iode à 5 fr. maximum le kilogramme; des ententes passagères, entre les pays producteurs, peuvent bien, pour le moment, maintenir le haut prix de l'iode et permettre, par contre, le traitement avantageux des varechs, mais la production du nitrate de soude va tous les jours en augmentant et celle de l'iode la suivra naturellement; il arrivera donc un moment, qui n'est pas lointain, où le Pérou et le Chili seront forcés de baisser le prix de l'iode pour trouver l'écoulement de toute leur production; ce jour-là, l'industrie de l'iode ne pourra plus vivre en France, et les varechs serviront uniquement à faire des engrais.

Salpêtre et nitrate de soude. — La fabrication du salpêtre se fait maintenant par transformation du nitrate de soude par le chlorure de potassium. Les mines de Strassfürt, par suite de la grande pureté de leurs produits, ont le monopole de la fourniture du chlorure de potassium nécessaire à cette transformation. Le gouvernement français semble cependant désireux d'employer pour cette opération les produits du pays qui peuvent être fournis, au delà des besoins, par les raffineurs de potasse de betteraves; cependant le quantum élevé de sulfate de potasse (de 10 à 15 %) que contiennent les chlorures de raffinerie, semble un obstacle assez sérieux à la substitution des chlorures indigènes à ceux des mines allemandes. Les raffineurs de potasse français auraient pourtant un grand avantage à rechercher ce nouveau débouché, au lieu de livrer leurs sels aux transformateurs pour le changer en carbonate de potasse, qui vient augmenter la production déjà trop abondante de cet alcali et leur créer une nouvelle concurrence.

Le *nitrate de soude* prend tous les jours une extension de plus en plus considérable, comme consommation. L'agriculture l'applique maintenant aux céréales,

avec grand succès. S'il est vrai qu'il ne constitue qu'un engrais incomplet, il ne faut pas oublier qu'il agit comme stimulant sur les plantes qui peuvent alors puiser dans le sol les autres éléments nécessaires à leur nutrition, qu'il ne leur apporte pas. Il est fort facile, du reste, de l'associer aux phosphates, à la chaux et à la potasse pour en faire un engrais complet.

Sa composition toujours assez régulière, la facilité pour les agriculteurs de faire vérifier sa richesse, font qu'il est souvent préféré au guano et autres engrais azotés.

Pour que l'emploi de ce sel réparateur se généralise, il faudrait que son prix diminuât et descendit à 23 ou 30 francs maximum; les nouveaux gisements du Chili que nous avons longuement étudiés permettront sous peu, croyons-nous, d'espérer descendre à ces prix. Cependant, si l'exploitation en Bolivie et au Chili prend une grande importance, elle se ralentira considérablement au Pérou; car, le travail rémunérateur, dans ce pays, n'est plus possible pour les salitreros, à moins que le gouvernement péruvien, ouvrant enfin les yeux sur les conséquences désastreuses de ses lois prohibitives, n'enlève totalement les droits qui frappent le nitrate à sa sortie. Malheureusement, au Pérou comme ailleurs, il est beaucoup plus facile de mettre un impôt que de l'enlever.

Comme résumé, le bas prix du nitrate de soude ne peut qu'être profitable à notre pays, et les nouvelles découvertes au Chili auront certainement pour conséquence de faire arriver, dans un avenir plus ou moins rapproché, des quantités importantes de ce sel sur le marché européen.

COLLOT.

ERRATA

Pages.	Lignes.	Lire.	Au lieu de.
127	2	abondance	abondnce.
127	31	industrie	idustrie.
147	30	est trop	es trop.
147	51	l'effet à obtenir	l'effet obtenir.
152	33	figure 17	figure 16.
160	1	potassium raffiné	raffinée.
163	19	figure 1	figure 2.
193	30	magasins à potasse brute	magasins à potasse à la vapeur brute.
192	22	ne sera	en sera.
200	35	centralisé le travail des déchets	centralisé pour le travail les déchets.
202	43	planches II et III	planche II.
204	53	vapeur égal	vapeur gal.
210	10	Sous pression	Sans pression.
213	46	modifiant	modifian.

MACHINES LOCOMOTIVES

Par M. J. GAUDRY
(collaboration de MM. J. Morandière et E. Luchard)
(suite) (1).

II. — LOCOMOTIVES RAPIDES DE CONSTRUCTION ÉTRANGÈRE.

Dans la pl. II et dans le tableau de la page 246 ont été réunies comparativement les locomotives à grande vitesse que nous avons pu retrouver avec une date de construction récente. Aucune n'est à l'Exposition; toutefois les n°s 2 et 7 ressemblent à la machine Sharp, laquelle peut être considérée comme étant en Angleterre la locomotive classique du moment.

Toutes ces machines appartiennent soit à la Grande-Bretagne, et quelques-unes sont très-curieuses par leurs dispositions inusitées, soit à l'Autriche, soit à l'Allemagne.

Faisons d'abord quelques remarques générales :

1° Ainsi qu'on l'a déjà vu, bien qu'on fasse généralement partout aujourd'hui les services de trains express avec des locomotives à 4 grandes roues couplées, on rencontre encore des locomotives grand'rapides à roues libres, mais n'ayant toujours aucun rapport avec la Crampton qui est restée spéciale à peu près seule à la France.

Ici à l'Angleterre se joint l'Autriche (fig. 1, 6, 8 15, pl. II); ces deux dernières locomotives ont pour diamètre de roues 2^{m},13 et 1^{m},98, c'est-à-dire à peu près les dimensions classiques. Mais la machine du Great-Northern est remarquable entre toutes par le diamètre de ses roues motrices, 2^{m},46; les nouvelles locomotives rapides de l'Est sont donc de beaucoup dépassées.

Les Allemands ont quelquefois au contraire des roues motrices si petites 1^{m},85 qu'on a peine à les considérer comme locomotives à grande vitesse. Mais elles en font réellement le service, et par conséquent en Allemagne on partagerait les idées de nos ingénieurs d'Orléans qui veulent, on l'a vu, des mouvements rapides et des petits diamètres, au point de vue de la stabilité, mais en allant encore bien plus loin. Les avant-trains mobiles appliqués aux locomotives rapides anglaises comme dans notre locomotive du Nord à l'Exposition, voilà un fait remarquable entre tous et en tout cas bien opposé aux idées qui étaient générales il y a peu de temps encore. Nous voyons cependant à la pl. IV des locomotives anglaises de diverses compagnies pourvues d'avant-trains mobiles, plus une cinquième d'Autriche qui étonne moins. Voilà donc encore un point où nos ingénieurs français ne pourront pas être taxés d'innovation téméraire.

Les machines allemandes ont des particularités spéciales d'une grande importance, car la création des types de machines résulte de décisions prises dans un congrès d'ingénieurs qui remonte déjà à plusieurs années.

---

(1) Voir pages 81 et 97.

Le premier fait dominant est la suppression des foyers en porte à faux dans le service express.

La suspension est en général combinée de manière à ce que tout le poids repose sur trois points, et le plus souvent les deux ressorts d'arrière sont réunis par un balancier longitudinal, tandis que les ressorts de l'essieu d'avant sont réunis par un balancier transversal dont le pivot central est fixé à une double traverse entretoisant les deux longerons. Avec des longerons extérieurs le balancier est généralement supprimé.

En général les échappements sont fixes, comme ce fut toujours l'usage en Angleterre. Au-dessous de la boîte à fumée se trouve une trémie qui s'ouvre à volonté pour laisser tomber les escarbilles, qu'on peut inonder au moyen d'un jet d'eau venant de la chaudière ou de l'injecteur.

Les traverses de tête sont des tôles et des cornières. Les injecteurs très-simplifiés, sans aiguille de prise de vapeur, ni cône mobile de réglage d'eau, sont placés horizontalement soit sous le tablier de la plate-forme du mécanicien, soit même plus bas, afin d'être toujours en charge, quel que soit le niveau de l'eau dans le tender. Le débit se règle soit par un robinet de prise de vapeur à vis, soit par un robinet ou une valve sur l'arrivée de l'eau. Le tuyau dégorgeur est presque toujours muni d'un clapet ou d'un robinet, afin de pouvoir réchauffer l'eau du tender au moyen de l'injecteur.

Toutes les machines allemandes sont munies d'une cabine couvrant le mécanicien, en laissant sur le côté une ouverture qui se ferme en hiver au moyen d'une plaque de tôle ou d'une vitre. La face d'avant est aussi percée de quatre ouvertures dont deux à châssis mobile. Un ventilateur existe à la partie supérieure.

Tous les tenders pour machines de vitesse sont à 6 roues avec balanciers de suspension.

Suivent les particularités caractéristiques des locomotives comprises dans la planche et le tableau.

Great-Northern, *construite aux ateliers de la Cie, Patrick Stirling, ingénieur* (fig. 1, pl. II). — Destinée à remorquer des trains de 15 à 16 voitures à la vitesse de 76 kilomètres sur sections ayant des rampes de $10^{m}/_{m}$, cette locomotive se distingue par ses 8 roues, ses énormes roues motrices libres de $2^{m},46$, ses cylindres à course inusitée de 71 centimètres et son avant-train mobile où les boîtes à graisse ont $10^{m}/_{m}$ de jeu latéral. La boîte à feu faisant suite au corps cylindrique, suivant le type ancien dit de Crampton, possède un foyer armé de tirants comme dans le système belge de Belpaire si usité aujourd'hui, mais rarement en Angleterre; cheminée légèrement évasée et néanmoins pourvue de couronnement.

Le châssis est intérieur et l'arrière porte par 5 ressorts en volute. Les cylindres sont extérieurs et attachés en porte à faux sur les longerons. La locomotive de Stirling eût donc fait grande sensation à l'Exposition si elle y était venue, car il n'est guère possible de s'écarter davantage des idées reçues généralement en Angleterre.

North-Eastern, *construite par Neilson et Cie, de Glascow, d'après les plans de M. E. Fletcher, locomotive superintendant* (fig. 2, pl. II). — C'est le type classique dans toute sa pureté anglaise.

Ces machines font les trains express d'Écosse et autres trains rapides entre York et Berwick, composés de 12 à 16 véhicules. Elles vont d'York à Newcastle, et de Newcastle à Berwick, sans arrêt à aucune station intermédiaire; vitesse moyenne, 72 kilomètres à l'heure.

Voûte en brique à l'intérieur de la boîte à feu;
Porte disposée de façon à permettre l'introduction de l'air;
Petits tubes de $39^{m}/_{m}$ de diamètre;
Les roues d'avant ont un jeu latéral de $0^{m},013$ environ, et les fusées des essieux sont très-longues ($305^{m}/_{m}$), châssis intérieur pour les roues motrices et extérieur pour les roues de support. Frein, à 4 sabots sur les roues accouplées, 2 sablières latérales et même visibles, ce qui est rare en Angleterre. Les bandages des roues sont très-larges ($152^{m}/_{m}$), un talon les maintient latéralement sur la jante de la roue. Mouvements intérieurs. Un robinet placé sous la boîte à tiroir permet de laisser échapper au besoin une partie de la vapeur d'échappement pour réduire le tirage. Le tender est à six roues et porte 3 tonnes de charbon et 10 tonnes d'eau.

Glascow and South Western. (*James Stirling*), *locomotive superintendant* (fig. 3, pl. II). — Locomotive à 8 roues dont 4 en avant-train mobile, boîte à feu armée par tirants à la façon Belpaire, comme à la figure 2 qui précède. Pas de dôme de vapeur, tubes de $38^{1}/_{2}$ millimètres, ce que ne compense pas le foyer qui est très-petit et n'a que $7^{mq},80$ de surface de chauffe. Nous croyons savoir que le combustible brûlé est une espèce de cannel-coal très-flambant et sans fumée; mécanisme intérieurement entre les roues; châssis intérieur; changement de marche à vapeur très-original sur lequel les renseignements nous manquent jusqu'ici.

Highland (Ecosse), *construite par Dubbs et Cie à Glascow, sur les plans de Jones, locomotive superintendant* (fig. 4, pl. II). — Service express du Highland railway ayant rampe de 13 à $14^{m}/_{m}$, et courbes de 300 mètres; 8 roues dont 4 couplées de $1^{m},98$ et 4 porteuses en avant-train mobile. Châssis à double longeron découpé à la mode ancienne de Buddicum, bien connue en France.
Charge sur les roues motrices équilibrée par balanciers entre les ressorts. Un bloc de fonte sous la plate-forme du mécanicien complète la charge à l'arrière. Comme particularité, on remarquera surtout la cheminée munie d'une enveloppe extérieure percée de fentes à l'avant, sorte de ventouse d'air activant, dit-on, le tirage.

Darlington, *construite aux ateliers du North-Eastern railway à Darlington sur plans de William Bouch., ingénieur* (fig. 5, pl. II.) — Service express de Stockton à Darlington : 8 roues dont 4 grandes couplées et 4 en avant-train mobile, cylindres extérieurs; un système particulier de contre-vapeur au moyen des robinets purgeurs a été essayé sur cette machine.

Great Western railway, *construite aux ateliers de la Cie à Swindon sur plans de Amstrong, ingénieur* (fig. 6, pl. II). — Remorque les lourds trains sur la voie réduite à l'ordinaire du Great-Western. On sait que la voie de grande jauge, de $2^{m},16$, a été ramenée à la jauge ordinaire de $1^{m},50$ par l'addition d'un 3e rail intermédiaire, et qu'il y a des sections nouvelles à l'écartement commun de $1^{m},50$.
Roues motrices libres avec double boîte et grand double châssis. Outre la particularité d'appartenir à ce que nous appelons le pur type traditionnel, il y a celle du foyer armé de tirants à la Belpaire et muni de 2 bouilleurs cylindriques transversaux, l'un en haut, l'autre en bas; avec eux la surface du foyer est $12^{m},35$. Les tubes sont petits et nombreux.

Midland, *locomotive de pur type anglais construite pour le Midland railway par M. Johnson, locomotive superintendant de la compagnie* (fig. 7, pl. II). —

Pour faire les trains de vitesse entre Londres, Leicester, Derby et Leeds. Elles remorquent 12 ou 13 voitures entre Londres et Leicester en consommant $9^k,5$ de houille par kilomètre ; 4 roues couplées de 2 mètres; cylindres intérieurs. Petit bouilleur à la partie supérieure de la boîte à feu. Porte de foyer permettant de régler l'entrée de l'air sur la grille. Double longeron : intérieur pour les roues motrices, extérieur pour les roues de support; distribution Stephenson ordinaire. Tender contenant 11 mètres cubes d'eau.

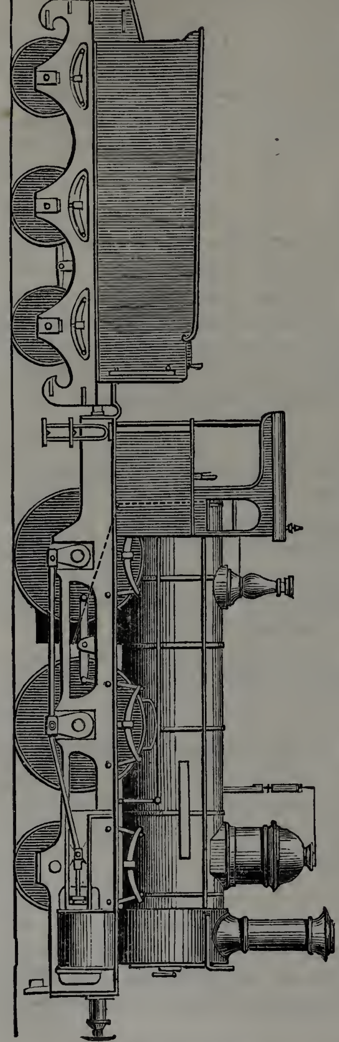


Fig. 4. — Machine à six roues, construite par Borsig (de Berlin).

North-British, *construite en 1877 d'après les plans de M. Drummond* (fig. 8, pl. II). — Locomotive superintendant du North-British railway, pour trains de vitesse. Roues motrices libres de $2^m,13$, cylindres intérieurs, chaudière puissante, la boîte à feu est renflée à l'avant pour donner à la plaque une plus grande largeur. 220 tubes de $44^m/_m$ extérieur. Porte de foyer s'ouvrant de dehors en dedans au moyen d'un levier avec secteur permettant de s'en servir pour régler l'arrivée de l'air sur la grille.

Les glissières des coulisseaux de bielles motrices présentent cette particularité, qu'elles ne sont pas reliées comme à l'ordinaire à l'une des extrémités aux cylindres, mais fixées sur une traverse spéciale entretoisant les longerons. Un frein puissant agit sur les roues motrices et d'arrière. Les sabots sont en fonte et affectent une section creusée de façon à ne pas porter sur toute la largeur des bandages mais sur le boudin et sur le bord sur une faible largeur. Le mouvement de changement de marche a lieu par une vis verticale et un volant. Tender à six roues de 11 mètres cubes, et de 5 tonnes de combustible.

Cette locomotive rappelle par ses dimensions principales et ses formes extérieures, un type créé il y a plusieurs années par M. Stoudley pour les express de Brigton. Plusieurs photographies de ces machines sont exposées à côté de la locomotive tender du Brighton railway, dans le palais du Champ-de-Mars.

Berlin-Postdam-Magdebourg, *construite par Borsig* (fig. 9, pl. II). — Nous donnons d'abord ici le dessin de la machine (fig. 4) que ce célèbre constructeur avait exposée en 1867, afin de montrer avec quelle conviction il reste fidèle à son type ; on voit qu'à part la position du dôme ramené au milieu, il n'y a pas même de différence entre les formes extérieures.

La machine d'aujourd'hui franchit en deux heures (y compris 2 arrêts) la distance de 142 kilomètres qui sépare Berlin de Magdebourg. Elle a six roues, les roues motrices et d'arrière sont accouplées, diamètre 1,90; des leviers com-

pensateurs relient les ressorts des roues couplées. Cylindres et longerons extérieurs, et mouvement de distribution intérieur; manivelles motrices disposées extérieurement d'après le système Hall. Tiroirs équilibrés système Adams, boîte à feu à ciel plat, à entretoises verticales. Le mécanicien est abrité par une large cabine dont les châssis à glace sont mobiles et peuvent s'ouvrir suivant un angle variable à volonté.

Porte du foyer à 2 vanteaux glissants; corps cylindrique en acier, la boîte à fumée est garnie d'une trémie où tombent les cendres. Une machine de ce modèle figurait à l'Exposition de Vienne.

Bergisch-Märkische (fig. 10, pl. II). — Ce type a été construit pour les chemins de fer Bergish-Märkische par la Société de constructions mécaniques « Vulcain » à Stettin, sur les dessins de M. Stamble, ingénieur en chef de la ligne. Les roues motrices n'ont que $1^{m},85$ de diamètre. Les roues porteuses d'avant sont disposées suivant ce qu'on appelle le système de train Bissel mobile pour faciliter le passage dans les courbes, l'essieu étant muni d'un système de plaques de garde indépendantes du châssis sous lequel elles peuvent se déplacer latéralement et en convergeant autour d'un pivot central.

Balancier compensateur reliant la suspension milieu et arrière. Chaudière dont le foyer offre sur la moitié de sa largeur une partie plane reliée aux parois verticales par des arcs de grand rayon. Entretoises verticales. Grille très-inclinée, dôme de vapeur contenant le régulateur, distribution Allan placée à l'extérieur sur une contre-manivelle, tiroir du type dit à canal de double admission. Un lest est placé sous la plate-forme à l'arrière pour répartir convenablement le poids de 35,5 tonnes dont 10,500 sur les roues d'avant, 13 sur les roues motrices et 12 sur les roues d'arrière. Bielles motrices extérieures aux bielles d'accouplement à cause du jeu des essieux d'avant (1).

Remorque des trains de 140 tonnes sur des rampes de 13 à $14^{m}/_{m}$ et des courbes de 300 mètres, à la vitesse de 50 à 60 kil. au maximum avec arrêts fréquents.

Coln-Minden, *construite sur les plans de la Cie du chemin de fer, pour remplacer les anciennes machines de Stephenson à roues libres, et grande base pour faire sur la ligne de Cologne à Minden les trains express les plus rapides d'Allemagne* (fig. 11, pl. II). — C'est la plus puissante machine de l'empire, bien quelle n'ait que des roues motrices de 2 mètres; son foyer est surelevé au-dessus du corps cylindrique en forme de berceau et porte en outre un dôme; les tubes sont très-longs, $4^{m},40$. Les bielles motrices ont également une grande longueur, ce qui étonne dans une locomotrice express. On remarquera enfin que la course du piston n'est que de 50 centimètres.

Niederschleissche-Markische (fig. 12, pl. II).—Locomotive des lignes de la Silésie inférieure. Roues couplées de $1^{m},83$ seulement, effectuant cependant des vitesses moyennes courantes de 65 kilomètres à l'heure. Bâti extérieur, manivelles de Hall.

Brunswick (fig. 13, pl. II). — Cette machine est un des rares spécimens de locomotives à cylindres intérieurs en Allemagne. Dès l'origine les chemins de l'État de Brunswick ont eu des machines à cylindres intérieurs et à roues indépendantes. Quelques-unes ont été transformées en machines à 4 roues accou-

(1) Voir aussi, dans les *Annales du Génie civil* années 1873 et 1874, l'*Etude sur les locomotives à l'Exposition de Vienne de* 1873.

plées. Ce type a été également construit dans les ateliers de « Egestorf à Hanovre. Il est à quatre longerons dont deux intérieurs et deux extérieurs. La suspension à l'endroit de l'essieu moteur est formée de 4 ressorts, les deux intérieurs sont placés sous les boîtes à graisse. Foyer de forme dite de Crampton très-incliné, placé au-dessus de l'essieu d'arrière; ces machines font, paraît-il un excellent, service et ont une grande stabilité.

Magdebourg-Halberstadt (fig. 14, pl. II). — Cette locomotive a été construite par Borsig pour le chemin de fer de Magdebourg-Halberstadt. Elle fait sur la ligne de Berlin-Lehrte les trains rapides de Berlin (le seul train allemand n'ayant que des premières classes). Ce train fait le trajet de Berlin à Hanovre, 255 kil. en 225 minutes, y compris 3 arrêts de 2 minutes chacun, soit 73 kilom. à l'heure de vitesse de pleine marche. Au retour il met 238 minutes avec 2 arrêts de 8 minutes, ce qui fait 69 kilom. à l'heure; dans ce second cas la distance de Hanovre à Stendal, soit 150 kilom., est parcourue sans arrêt. Dessus de boîte à feu extérieur plat, foyer au-dessus de l'essieu d'arrière, coulisse d'allan. Roues de 1,83.

Nordbahn (Autriche) (fig. 15, pl. II). — Construite à Hanovre aux anciens ateliers d'Egestorff (aujourd'hui Société hanovrienne), pour le Nordbahn Kaiser Ferdinand. Trains de Vienne à Bucharest, via Cracovie, et à Berlin par Breslau, vitesse de 60 kilom. à l'heure, roues motrices indépendantes de $1^{m},98$, chaudière à longs tubes, grand foyer carré dit du système Becker, et dit en France du système belge de Belpaire, avec foyer armé par entretoises, gros dôme à l'avant, châssis extérieur, manivelles motrices rapportées en dehors selon le système de Hall.

Sudbahn (Autriche) (fig. 16, pl II.). — Locomotive construite par Sigl, de Wiener Neustadt, pour la Compagnie des chemins de fer du Sud de l'Autriche (Sudbahn), sur les plans de M. Gottschalk, directeur de la traction.

Locomotive à 4 essieux couplés et à avant-train mobile sur pivot, à portée sphérique de $150^{m}/_{m}$ de diamètre, encastré sur une longueur de $185^{m}/_{m}$.

Le dessus du foyer fait saillie de $135^{m}/_{m}$, sur le corps cylindrique auquel il est relié par des tôles verticales et des cornières; longerons extérieurs.

Distribution en dehors des longerons, les excentriques font corps avec la manivelle motrice.

Les longerons ont $76^{m}/_{m}$ d'épaisseur et sont formés de deux tôles de $12^{m}/_{m}$, rivées sur une fourrure en fer de $175^{m}/_{m}$ de hauteur.

La toiture de l'abri du mécanicien est formée de douves en bois recouvertes de zinc, forme reconnue comme moins sonore que les toitures en tôle.

PRINCIPALES CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT.	GREAT Northern. 1	NORTH Eastern. 2	GLASCOW and South Western. 3	HIGHLAND. 4	DAR-LINGTON (North Eastern). 5	GREAT Western. 6
Position des cylindres	extérieurs	intérieurs	intérieurs	extérieurs	extérieurs	intérieurs
Diamètre des pistons	0,456	0,432	0,456	0,458	0,432	0,450
Course	0,710	0,610	0,660	0,610	0,762	0,610
Distance de centre en centre des cylindres	1,878	0,723	0,723	1,904	2,140	0,775
Diamètre des roues. Avant	bogie 1,190	1,400	bogie 1,090	bogie 1,155	bogie 1,060	1,210
Diamètre des roues. Motrices	2.460	2,134	2,158	1,917	2,140	2,133
Diamètre des roues. Arrière	1,240	2,134	2,158	1,917	2,140	1,210
Écartement des essieux. 1er au 2e	bogie 1,98 +2,36	2,360	bogie 1,47 +2,20	bogie 1,83 +2,05	bogie 1,90 +2,00	2,590
Écartement des essieux. 2e au 3e	2,600	2,540	2,520	2,660	2,500	2,740
Entre-axe extrême des roues	6,980	4,900	6,190	6,540	6,400	5,330
Foyer. Longueur	1,640	1,470	»	»	»	1,760
Foyer. Largeur	0,990	»	»	»	»	1,070
Tubes. Nombre	217	254	252	223	210	250
Tubes. Longueur	3,555	3,256	3.162	3,415	3,504	3,340
Tubes. Diamètre	0,040	0,040	0,038.5	0,044.5	0,044.5	0,041
Surface de chauffe du foyer	11,34	9,15	7,80	9,00	10,18	12,35
Surface de chauffe des tubes	97,06	103,11	95,56	104,90	103,00	118,78
Surface de chauffe totale	108,40	112,26	103,36	113,90	113,18	131,13
Grille. Longueur	1,650	1,470	1,467	1,400	1,347	1,700
Grille. Largeur	0,990	1,000	1,015	1,040	1,166	1,000
Grille. Surface	1,63	1,47	1,49	1,56	1,57	1,50
Diamètre du corps cylindrique	1,180	1,295	1,270	1,220	1,220	1,245
Epaisseur des tôles	13 mill.	13	13	13	11	11
Pression maxima effective de la vapeur	10 kil.	10 kil.	10 kil.	10 kil.	10	10
Rapport de la surface de chauffe à la surface de grille	66,5	75,5	69,3	75,49	72	77
Rapport de la surface de grille à la section des tubes	»	6,86	6,9	5,94	»	»
Rapport de la surface de grille à la plus petite section de cheminée	8	11,51	10,13	15,2	»	10,3
Diamètre de la cheminée (en bas)	0m,436	0,450	0,432	0,355	»	0,405
Position du châssis	intérieur	double int. et ext.	intérieur	double int. et ext.	intérieur	double int. et ext.
Système de coulisse	Stéphenson	Stéphenson	Stéphenson	droite Allan	»	Stéphenson
Ecartement des longerons	1,220	int. 1,257	1,245	int. 1,258	»	int. 1,210
Hauteur de l'axe de la chaudière au-dessus du rail	2,160	2,185	2,250	2,310	»	»
Poids de la machine. Vide	»	»	»	»	»	28,5
Poids de la machine. Pleine	38t,9	38t,5	39,00	41 t.	44,05	32,5
Poids utile pour l'adhérence	15t	27t,3	25t,9	26t,5	27t,35	»
Répartition de la charge. Avant	bogie 8 t: 1er 7 2e	12t,5	bogie 13t,1	bogie 14t,5	bogie 16t,7	»
Répartition de la charge. Milieu moteur	15	14 ,7	13,3	13,5	14.2	»
Répartition de la charge. Arrière	8,9	12 ,5	12,6	13,0	13,15	»
Longueur de la locomotive sans tampon	8,560	7,620	8,260	8,380	»	7,630
Effort maxima théorique de traction $\frac{P d^2 l}{D}$	6000	5410	6678	6678	6177	5800

MIDLAND. 7	NORTH British. 8	BERLIN Postdam Magdebourg. 9	BERGISCH Markische. 10	COLN-MINDEN. 11	NIEDERSCHLESISCHE Markische. 12	BRUNSWICK. 13	MAG-DEBOURG Halberstadt. 14	NORDBAHN. 15	SUDBAHN. 16
intérieurs	intérieurs	extérieurs	extérieurs	extérieurs	extérieurs	intérieurs	extérieurs	extérieurs	extérieurs
0,440	0,430	0,432	0,432	0,415	0,440	0,432	0 406	0,382	0,411
0,660	0,610	0,558	0,560	0,500	0,520	0,560	0,560	0,632	0,632
0,720	0,688	2,328	11,922	»	»	0,775	»	2,325	2,426
1,350	1,370	1,220	1,220	1,40	1,15	1,180	1.170	1,186	0,950
2,000	2,130	1,940	1,840	2,00	1,830	1,867	1,830	1,990	1,900
2,000	1,370	1,940	1,80	2,00	1,830	1,867	1,830	1,186	1,900
2,500	2,360	2,050	1,840	env. 3,10	env. 2,00	2,03	1,90	1,896	bogie 1,32 + 1,65
2,650	2,360	2,350	2,560	env. 2.60	env. 2,55	2,54	2,50	2,528	2,400
5,150	4,720	4,400	4,400	5,700	4,550	4,570	4,40	4,424	5,370
1,600	1,438	1,80 bas	1,80	»	»	1,864	»	1,543	1,520
1,027	»	1,13	»	»	»	»	»	»	1,08
223	220	168	188	210	225	189	181	162	179
3,073	3,170	3,705	3,400	4,40	3,45	3,628	3,700	4,109	3,548
0,044	0,044	0,051	0,050	»	»	»	»	0,052	0,050
10,2	8,63	7,00	7,80	8,00	7,10	6,70	6,1	9,70	7,90
102,6	96,6	97,00	79,20	117,00	107,10	90,30	94,4	109,60	99,80
112,8	105,23	104,00	87,00	125,00	114,20	97,00	100,5	119,30	107,70
1,058	1,400	2,12		»	»	»	»	1,672	1,520
1,020	1,060	1,13		»	»	»	»	1,126	1,080
1,61	1,500	2,40	1,68	1,80	env. 1,70	2,07	»	1,820	1,65
1,245	1,320	1,280	1,230	1,26	1,32	1,22	1,23	1,25	1,26
12	14	(acier) 13	14	»	»	»	»	»	14
10	10	10	9	9,5	9,5	9	10	8,5	10
69,7	73,1	50,6	51,7	69,4	62,3	46,8	»	65,5	65,2
5,83	5,9	»	»	»	»	»	»	»	»
11,1	11,07	»	19,6	»	»	»	»	»	16,6
0,380 haut	0,406	»	0,330	»	»	»	»	»	0,355
double int. et ext.	intérieur	intérieur	intérieur	extérieur	extérieur	extérieur	intérieur	extérieur	extérieur
Stéphenson	Stéphenson	Allan	Stéphenson	Allan	Allan	Allan	Allan	»	Stéphenson
int. 1,270	1,246	»	»	»	»	»	»	»	d'axe en axe 1,82
2,145	2,235	1,92	1,86	»	»	1,96	»	1,857	1,780
36,2	»	32,300	32,6	37,5	35	environ 33	31,85	26,85	33,5
38,7	»	36,00	36,00	40,0	39	» 36	35,50	31,150	37,5
$26^t,7$	»	24,100	22,6	26,0	25,5	» 24	23,55	12,25	23,00
$12^t,0$	»	12^t	13,4	14,0	13,5	» 12	11.95	10,95	bogie, chaq. roue 7,5
13,9	»	12,00	11,3	13,0	13,0	» 12	23,55	12,25	12
12,8	»	12,00	11,3	13,0	12,5	» 12		7,750	11
9,280	7,350	7,400	7,700	»	»	7,420	»	7,890	7,595
5550	5320	5400	5310	4085	5235	5037	5043	4125	5600

III. — LOCOMOTIVES A VOYAGEURS DIVERSES.

Dans la pl. III sont réunies les locomotives à trains plus ou moins rapides de voyageurs ; elles ne diffèrent des précédentes que par le diamètre des roues motrices rarement au-dessus de $1^{m},80$ et le nombre des roues couplées qui sont au moins de 4, et quelquefois de 6 comme la planche en montre un exemple (fig. 9, machine Evrard); outre les locomotives de la planche, et comme complément de notre étude, nous aurions à donner trois types de locomotive de même classe généralisés sur nos lignes françaises pour la moyenne vitesse. Mais ce sont celles qui ont déjà été décrites dans nos comptes rendus de l'Exposition de 1867, et elles sont journellement sous nos yeux sur toutes les lignes, sauf les variations de détail. Toutes sont à 4 roues couplées de $1^{m},70$ à $1^{m},80$ de diamètre, du poids moyen de 35 tonnes, avec cylindres de 40 centimètres et surface de chauffe d'environ 100 mètres.

Suivent les particularités principales des locomotives faisant l'objet de la planche précitée. Leurs dimensions sont résumées dans un tableau comparatif C, comme on l'a déjà fait pour les autres classes de locomotives. Mais à cause de sa dimension nous sommes obligé de l'annexer à l'atlas.

Sharp et Stewart à Manchester (fig. 1, pl. III). — Cette puissante maison, qui a tant contribué à la création des chemins de fer et particulièrement aux nôtres, est représentée à l'Exposition par une locomotive portant le n° de construction 2744, le plus élevé, croyons-nous, après celui de l'allemand Borsig.

Elle est la représentation de ce qu'on peut appeler la locomotive de pure tradition anglaise et du type Webb, en ce moment classique. Nous avons déjà donné, à ce titre, le dessin à la page 85. C'est, selon nous, la locomotive pratique chaque fois qu'on fera usage des mouvements intérieurs.

Nous aurions dû la classer parmi les locomotives grand'rapides, car elle a des roues de près de 2 mètres, et il nous a été affirmé que son service courant comporte des marches de 90 à 100 kilomètres à l'heure, sans arrêt.

Tout dans cette machine est éminemment simple, abordable et facile à inspecter en route, ce sont deux conditions réputées de première importance en Angleterre : dans l'obscurité de la nuit et des tunnels, deux petites lampes attachées à la traverse des longerons sous le corps tubé éclairent le mécanisme. On remarquera encore la constitution singulièrement robuste des roues, du bâti et du mécanisme, quoique les meilleurs matériaux aient été employés.

Suivent ses principales particularités, renvoyant au tableau précité pour les dimensions :

Châssis simple et intérieur, cylindres intérieurs, très-rapprochés avec tiroirs inclinés l'un vers l'autre, en dessus.

Les pistons sont garnis d'anneaux de bronze ; coulisse du système Allan ; changement de marche à vis comme en France ; 6 roues dont 4 couplées ; tous ressorts indépendants ; essieu d'avant, qui est celui des roues porteuses, avec jeu latéral de 12 millimètres à chaque boîte à graisse, lesquelles fonctionnent comme sur les machines ci-dessus de l'Est et d'Orléans entre plans inclinés.

Chaudière de la forme dite Crampton avec boîte à feu prolongeant le corps tubé, angle du bas de foyer arrondi; à l'intérieur voûte en briques et réflecteur au-dessus de la porte, laquelle est à deux venteaux glissant latéralement, ensemble de dispositions usuelles et bien connues en Angleterre, en

vue de brûler la houille sans fumée. Soupape de sûreté à pression directe par gros ressort, du système Ramsbotton. Prise de vapeur sous le dôme à la mode ancienne et probablement à pression équilibrée, car sa manette de manœuvre qu'on voit sur la façade du foyer est d'une singulière petitesse. Injecteurs alimentaires placés sous la plate-forme du mécanicien, qu'abrite une guérite de forme singulière.

La machine est munie d'un frein hydraulique du système Webb, agissant par des sabots en fonte sur les 4 roues couplées, en outre du frein à vis ordinaire.

Les cylindres et les tiroirs sont graissés par un appareil spécial automatique, par déplacement quand la machine marche avec la vapeur et par aspiration quand la vapeur ne donne pas.

Locomotive italienne (fig. 2, pl. III). — N° de service 601 et n° de construction 237. — Construite aux ateliers de Florisdorff (Autriche), Bernhard Bemmer, directeur. Curieuse machine à 4 roues couplées de 6 pieds de diamètre avec ressorts équilibrés par balanciers, plus 4 petites roues porteuses en avant-train mobile suivant le mode américain, avec cheville ouvrière sphérique et ressorts de suspension à rondelles de caoutchouc. Un long foyer Belpaire avec grille fort inclinée, gros dôme au milieu du corps tubé. Tout le mouvement est extérieur et du type Engerth avec coulisse Gooch. Injecteur alimentaire du système Chiazzari (exploité en France par Cail). L'eau du tender est d'autre part chauffée à volonté par la vapeur d'émission venant de la boîte à fumée par un gros tube latéral, articulé à rotule. L'abri du mécanicien ressemble à celui de la machine rapide de l'Est (voir ci-dessus).

La locomotive est accompagnée à l'Exposition d'un vaste et haut tender à 6 roues avec tous ressorts extérieurs.

L'Italie, qui exposait pour la première fois à Paris une locomotive de composition indigène, avait joint à son exhibition l'album de tous les types de machines employées sur ses lignes. Ils sont au nombre de 53 de toute origine : Buddicum et Cail, ainsi que Graffestadten et Kœchlin sont parmi les constructeurs aussi bien que l'allemand Kœsler, les anglais Sharp et Stephenson, et l'américain Norris, dont on connaît les locomotives à petits foyers cylindriques dits de Bury.

Les ateliers italiens de Sienne, Naples et St-Pierre d'Arena-Gènes ont aussi fourni des locomotives en grand nombre, rappelant sensiblement les types anglais.

Enfin, nous trouvons à côté de la locomotive italienne deux beaux wagons à voyageurs chauffés en hiver, plus diverses pièces et modèles se rattachant au matériel des chemins de fer.

Ouest-Pilote (fig. 3, pl. III). — Construite aux ateliers de Fives-Lille. Locomotive-tender du type des machines de banlieue-Ouest, qui sont bien connues, mais montée sur 8 roues. Les 4 couplées sont au milieu, les 2 essieux porteurs sont aux extrémités avec boîtes à graisse à plans inclinés pour le déplacement de l'essieu dans les courbes. Mouvements intérieurs ; grandes caisses à eau latérales portant 6mc ½ d'eau ; injecteurs particuliers de M. Turck ; garnitures des tiges de piston du système Duterne ; abri de la plate-forme disposé pour la marche dans les deux sens.

Cette machine, qui peut servir de machine de banlieue, a principalement pour but de se porter rapidement au secours d'un train en détresse, et est munie en cas d'accident d'une vaste caisse d'outils sous le tablier du mécanicien.

Dombes (fig. 4, pl. III). — Locomotive-tender construite au Creusot sous

le n° 1928 et rappelant l'admirable fini de ces machines, qui furent faites pour l'Angleterre et dont on vit un exemplaire à l'Exposition de 1867. Les mouvements extérieurs sont tout en acier du Creusot. On a besoin d'être averti pour ne pas les croire nickelés. La machine, avec son grand foyer Belpaire, ses caisses à eau latérales, ses 6 roues, dont 4 couplées de $1^m,61$, est d'ailleurs un type usuel en France. Elle est munie d'un frein à vapeur système Harmignies, variété du frein bien connu de Lechatellier.

Grand-Central belge, n° 400 (fig. 5, pl. III). — Cette locomotive, l'une des plus belles de l'Exposition, est une machine-tender; mais par la disposition de ses 8 roues, de son mécanisme extérieur et de sa chaudière, elle rappelle les locomotives ci-dessus d'Orléans et de Lyon. Elle a été construite, sous le n° 358, aux ateliers de Marcinelle-Couillet et exécutée sur les plans de M. l'ingénieur en chef Maurice Urban, qui a déjà créé tant de types généralisés. La machine actuelle est étudiée en vue de remorquer des trains de 15 à 20 voitures sur rampes de 10 à 14 millimètres par mètre. Poids adhérent 23 tonnes et demie. Distribution sans excentriques du système Walschaert avec agencement extérieur répétant le jeu du tiroir distributeur, de façon à permettre de régler celui-ci sans ouvrir sa boîte, même en marche.

Garniture des tiges suivant le système Duterne. Chaudière très-élevée avec grand foyer Belpaire et tubes en fer; injecteur du système Wehrenpfeming. Frein à vis agissant sur les roues motrices par sabots de fonte. Grandes caisses à eau latérales. Mode d'attache des bandages sur les roues du système Kaselowsky (appliqué sur la machine exposée à titre d'essai). Il consiste en un agrafage sur la jante au moyen d'un anneau de zinc coulé dans une cavité à double queue d'ironde, creusée dans le bandage et dans la jante, ce qui permettra d'embatre le bandage avec moitié moins de retrait que dans le procédé ordinaire.

Cette locomotive est munie des appareils de chauffage à circulation d'eau chaude (syst. Belleroche) adoptés par la Cie du Grand-Central belge. Les injecteurs d'alimentation sont munis à la sortie du jet d'eau de deux tuyaux de refoulement, qui permettent de diriger l'eau soit vers la chaudière, soit vers le train pour chauffer les voitures en hiver. L'eau en passant par l'injecteur acquiert une température de 70° et la vitesse voulue pour parcourir le circuit chauffeur. Le circuit est formé, entre les voitures, de deux tuyaux en caoutchouc; sous les banquettes sont des tuyaux en fer étiré; sous les pieds des voyageurs sont des chaufferettes en fonte. L'eau chaude qui a circulé dans le train revient directement aux injecteurs de chauffage et d'alimentation, où elle se mélange à l'eau froide du tender dans des proportions convenables, pour ne pas empêcher le fonctionnement de ces appareils.

La voiture qui accompagnait la locomotive à l'Exposition sert à la démonstration du système. Ce mode de chauffage se recommande par la solidité des appareils, la facilité et la rapidité de sa mise en action, et par son bas prix de revient.

Fairlie (fig. 6, pl. III). — Voici encore une des machines les plus curieuses de l'Exposition. C'est une nouvelle application des systèmes articulés dont M. Fairlie est l'inventeur et le propagateur en Angleterre, mais avec des dispositions sensibles différentes de ses précédentes locomotives bien connues. C'est toujours comme par le passé, une machine-tender portée sur deux trucks, l'un à 4 roues couplées motrices, l'autre à 4 roues simplement porteuses. Elle a été construite sur les plans de M. Fairlie par l'Avonside, Cie de Bristol. Chaudière ordinaire

à grand foyer avec grille inclinée, mouvements extérieurs, distribution Walschaert, frein agissant sur les roues motrices proprement dites.

Dix tableaux exhibés autour de la machine montrent les divers types que M. Fairlie a créés, particulièrement pour les lignes à petites courbes des Indes.

Parmi ces types, les fig. 5, 6 et 7 appartiennent à l'histoire de la locomotive, et il est de notre devoir de les reproduire ici.

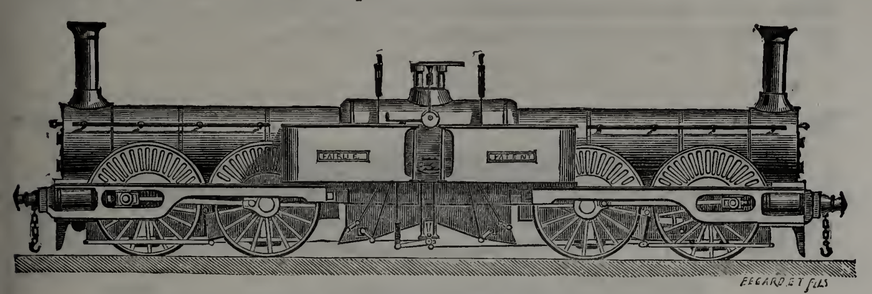


Fig. 5. — Locomotive Fairlie à 8 roues.

Suède (fig. 7, pl. III). — Cette nation, que nous ne connaissions encore aux expositions que par ses belles machines marines si bien finies, nous a montré cette fois son beau savoir faire en matériel de chemins de fer.

Dans une annexe spéciale étaient exposées trois belles voitures à voyageurs de type allemand, avec appareil de chauffage par la vapeur, et deux locomotives. Celle dont il est ici question a été construite en 1877 aux usines de Motala sous le nº 239. Montée sur 6 roues dont 4 couplées, tous ressorts indépendants, cylindres extérieurs, mouvement distributeur entre les roues sous le corps tubé ; cadre intérieur, roues très-robustes, chaudière à foyer Belpaire, avec voûte de briques à l'intérieur et à courts tubes, cette machine a beaucoup de rapport avec les types anglais ; elle est suivie d'un beau tender à 4 roues, avec longerons découpés du système usité en Allemagne.

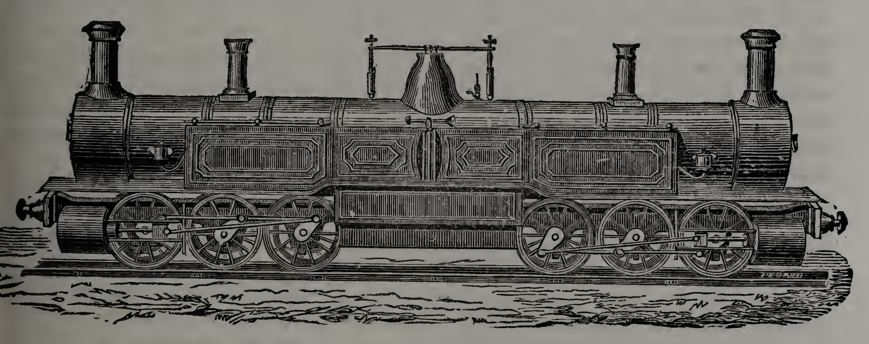


Fig. 6. — Locomotive Fairlie à 12 roues.

Pensylvanie (fig. 8, pl. III). — Cette locomotive américaine de type courant en ces contrées, n'est pas celle si singulière qui est venue tardivement à l'Exposition et que nous retrouverons à l'article des machines à 6 roues couplées. Celle de la figure 8 n'était pas exposée. Mais nous ne pouvions éviter de la donner pour compléter notre étude des locomotives des divers pays.

Elle a beaucoup de rapport avec celle qui fit sensation à l'Exposition de 1867 par son poli et ses dorures, mais surtout par ses dispositions si différentes de

celles usitées en Europe ; elle a ses 4 roues couplées, son avant-train mobile, son phare, sa cloche, en outre de son gros et formidable sifflet, son chasse-bœuf à l'avant, ses mouvements extérieurs, son bâti spécial à l'Amérique, c'est-à-dire composé de tiges rectangulaires et non de longerons découpés comme en Europe.

Chaudière droite du type Crampton, avec boîte à feu d'acier ; tubes en fer, dôme sur le foyer ; frein agissant sur les roues couplées ; guérite complète très-bien fermée et confortable comme une chambre.

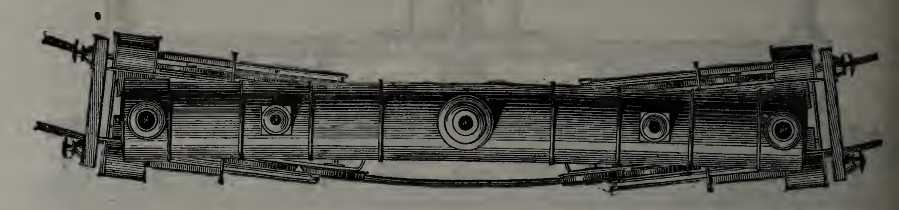


Fig. 7. — Plan de la locomotive Fairlie.

Evrard (fig. 9, pl. III). — N° de construction 295 et n° de service 1090. Voilà encore une des locomotives les plus remarquées à l'Exposition. Machine tender, portant son eau dans de longues caisses latérales; elle est montée sur 10 roues dont les 6 du milieu sont couplées. C'est une puissante machine pour fortes rampes, construite pour les lignes de l'Etat aux ateliers de Bruxelles, dont M. Evrard est directeur. Elle a été étudiée par M. Schaar, ingénieur en chef, et Beka, ingénieur principal de l'Etat belge, pour les lignes à profil accidenté de contrées montagneuses et n'ayant pas de grandes plaques tournantes.

Chaudière Belpaire, mouvements intérieurs, châssis intérieur, et en plus, il y a sur le milieu de l'essieu moteur un bout de longeron attenant à la chaudière, avec boîte à graisse et ressorts, comme dans le type français de Polonceau.

Les ressorts des 10 roues sont tous indépendants ; le frein agit par sabots sur les 6 roues couplées qui sont au milieu ; les roues extrêmes porteuses et de plus petit diamètre sont libres et sur essieux rayonnants, pour franchir les petites courbes; l'inconvénient du grand écartement des roues extrêmes disparaît avec cette disposition, qui a l'avantage d'augmenter la stabilité de la machine, déjà assurée par la répartition régulière de charge sur les essieux, ainsi que les positions des cylindres à l'intérieur du châssis.

Les essieux rayonnants, indépendamment des embases intérieures des fusées, portent au milieu de chacune de ces dernières une embase cylindrique saillante de 20 $^m/_m$ et de 50 $^m/_m$ d'épaisseur, servant à l'entraînement des boîtes à huile dans leurs guides lors du passage dans les courbes.

Les guides des boîtes à huile, en fonte dure mélangée d'étain sont, ainsi que les boîtes dans leur portée, en contact avec celles-ci, formés par des parois verticales cylindriques inclinées sur les longerons, et tracées horizontalement avec un rayon de $2^m,600$, puis sur l'axe longitudinal de la machine, et symétriquement par rapport à cet axe. La partie inférieure des tiges de pression des ressorts d'avant et d'arrière repose sur des crapaudines en bronze, glissant horizontalement sur le couvercle en fer forgé des boîtes à huile.

Indépendamment du frein à contre-vapeur et du frein à main à vis, la machine est pourvue du frein automatique à air comprimé du système Westinghouse, dont les six sabots agissent sur les roues accouplées.

Tout le train peut être muni de freins du même système.

IV. — LOCOMOTIVES A PETITE VITESSE A SIX ET HUIT ROUES ACCOUPLÉES.

Dans la pl. VIII sont réunies les puissantes locomotives à 6 et à 8 roues couplées destinées à produire un grand effort de traction, soit pour gravir de fortes rampes, soit pour remorquer, en toutes circonstances, les trains lourds. Nous avons vu que ces grosses locomotives ne servent plus seulement aux trains de marchandises, mais qu'on les applique aussi fréquemment à ces grands trains de voyageurs, dont la vitesse ne dépasse guère 35 kilomètres à l'heure ; les roues couplées ont alors généralement de $1^m,35$ à $1^m,50$ de diamètre.

On a pensé un moment que les locomotives à petite vitesse ne sauraient être trop puissantes, et on a pu croire qu'on ne verrait bientôt plus pour ce service que ces grosses machines à nombreuses petites roues couplées, qui ont excité tant de curiosité aux Expositions précédentes, de même qu'on entrevoyait la disparition actuelle des locomotives à roues libres dans le service des voyageurs.

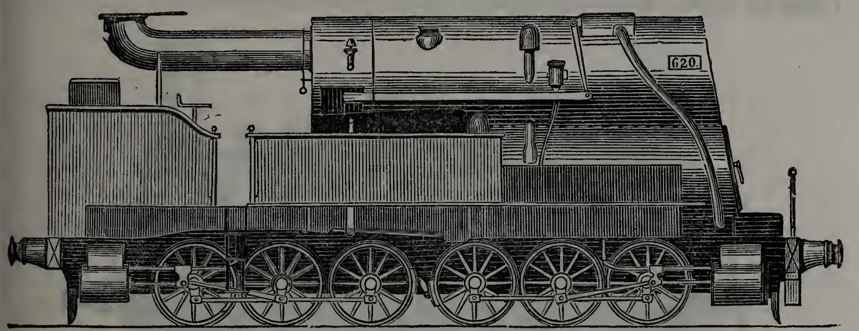


Fig. 8. — Machine à 12 roues.

La plus haute expression de cette tendance a été la grosse machine à 12 roue et 4 cylindres du Nord, que nous reproduisons ici (fig. 8) en raison de son intérêt historique. Mais on a reconnu que s'il faut des locomotives de la plus grande puissance pour traîner la houille, le minerai, les troupes et le matériel de guerre en quantité aussi considérable que possible, il y a couramment des trains de marchandises, au moins sur certaines sections, qui ne sont jamais composés d'un grand nombre de wagons, et qu'il est dès lors inutile de leur appliquer un colossal et coûteux remorqueur, dont la force n'est jamais utilisée. Enfin, il y a des trains de marchandises qui doivent être accélérés ; tels sont ceux qui portent le poisson, les fruits ou légumes, la bière, les bestiaux, etc., dans des conditions de services comparables aux grands trains de voyageurs à moyenne vitesse, dont il vient d'être parlé.

Il y a donc trois classes de locomotives à trains de marchandises ou à petite vitesse :

1° Celles qui ne remorquent guère plus de 350 tonnes sur des lignes peu accidentées, à la vitesse maxima de 30 à 35 kilomètres. Ce sont celles qui ont 6 roues couplées d'environ $1^m,50$, des cylindres de 40 centimètres, un poids moyen de 35 tonnes, avec à peu près 100^{mq} de surface de chauffe. C'est cette classe de locomotives qui est la règle ordinaire des railways anglais, et qu'on emploie maintenant partout pour le service des voyageurs, particulièrement pour les trains de banlieue;

2° Locomotive à petite vitesse de 25 kilomètres environ pour petits trains de marchandises sur toutes lignes peu accidentées. C'est la machine de ces trains de marchandises du grand réseau qui partent parfois avec 10 wagons, font la cueillette ou la distribution en route aux stations et multiplient les manœuvres. Cette classe ne diffère de la précédente que par le diamètre des 6 roues couplées qui ne dépasse pas $1^{m},30$;

3° Locomotive de première puissance, pour ces immenses trains toujours au complet et au maximum qui font surtout du transit, ou pour tout service sur fortes rampes. Ce sont les machines géantes à 8 petites roues couplées de $1^{m},20$ au plus, en attendant qu'on leur affecte 10 et 12 roues, comme il y en a déjà eu des exemples. Leur énorme chaudière a au moins 150 mètres de chauffe avec des cylindres de 50 centimètres, et un poids de 45 tonnes, capable de produire 7,500 kilogrammes de puissance adhérente.

L'Exposition de Vienne en a eu un grand nombre, l'Exposition actuelle du Champ-de-Mars en avait trois, qui sont de vrais monuments. Les deux autres classes de locomotives sont aussi représentées par des spécimens caractéristiques.

La planche précitée en donne les croquis comparés, et leurs dimensions font l'objet du tableau B annexé à l'atlas à cause de ses dimensions.

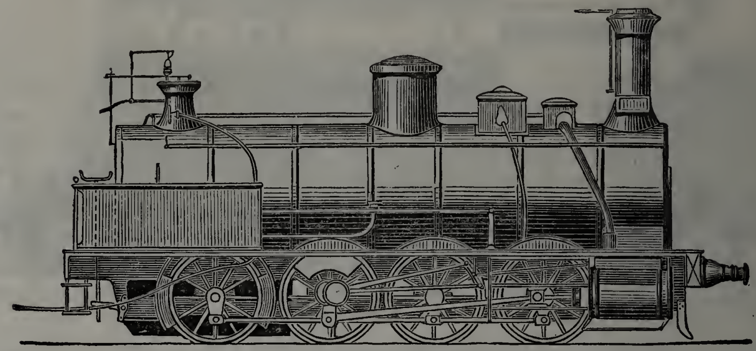


Fig. 9. — Machine Ouest-Fives.

Comme complément de notre étude à cet égard, et pour préciser le type en général, nous donnons fig. 9 et 10 : 1° la grosse locomotive actuelle à 8 roues du Nord, type de la 3e classe ci-dessus, construite il y a quelques années aux ateliers de Fives-Lille, et 2° une machine à 6 roues couplées portant ses provisions de route, type de la seconde classe ci-dessus pour petites lignes ou embranchements à fortes pentes.

Suivent les particularités principales des locomotives comprises dans la planche et le tableau précités.

Ouest-Fives, n° 2030 (fig. 1, pl. VIII). — Locomotive à 6 roues couplées du service ordinaire des marchandises de la Compagnie de l'Ouest, construite aux ateliers de Fives-Lille en 1873. Chaudière ordinaire du type dit de Crampton, avec dôme à l'avant, mouvement entièrement extérieur du système Engerth, avec coulisse Gooch, retenue en haut et en bas entre des glissières pour prévenir le ballotement, colliers d'excentrique en bronze et non en fer doublé, comme il se fait en général aujourd'hui.

Lyon (fig. 2, pl. VIII). — 6 roues couplées, n° 2335. Construite en 1877 aux ateliers de la Compagnie à Paris-Bercy. L'une des 942 machines de mêmes type et série servant soit aux trains de marchandises à la vitesse de 25 kilomètres

et aux grands trains de voyageurs à la vitesse de 45 kilomètres. Sa puissance réglementaire de traction, selon la notice de la Compagnie exposante, correspond sur sections à rampe, de 5 millimètres, à 400 et 235 tonnes aux vitesses ci-dessus, et à 965 et 480 tonnes à ces mêmes vitesses en plaine. Ajoutons que ce même type, dont les premières machines sorties d'ateliers remontent à 15 années, a pleinement la consécration de l'expérience pour la pratique d'un service courant de grandes lignes comme celle de Lyon et Méditerranée. Les cylindres sont extérieurs, les cadres et la distribution sont intérieurs. La chaudière est du type ordinaire à longs tubes, boîte à feu de même diamètre que le corps cylindrique, gros dôme à l'avant et cheminée à cuvette; les roues de la forme Arbel à rais elliptiques ont toutes des ressorts indépendants. Comme particularité, on remarque qu'il n'y a pour l'alimentation d'eau qu'un seul injecteur, du type vertical en usage à la Cie de Lyon, pouvant donner, paraît-il, 115 litres à la minute. La machine est d'ailleurs munie de tous les accessoires modernes : relevage des coulisses à vis, marche à contre-vapeur, garniture Dutertre.

Orléans. — Cail, 1878. N° de service 1032, n° de construction 1936 (fig. 3, pl. VIII). — Locomotive-tender à 6 petites roues couplées pour service de gare;

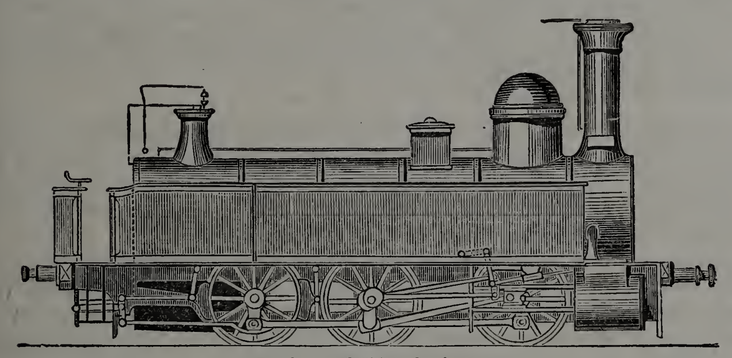


Fig. 10. — Machine du Creusot.

construite aux ateliers de Cail, sur les plans de la Compagnie. Chaudière du type Crampton avec cheminée droite et gros dôme à l'avant. Caisses à eau latérales, mouvement extérieur du système Engerth, mais où les bielles motrices attaquent la roue d'arrière et sont par conséquent très-longues. Ces roues et celles du milieu ont la charge équilibrée par un gros ressort commun.

Mallet. — Atelier de Passy, n° de construction 104. — Petite locomotive-tender à 6 roues couplées (fig. 4, pl. VIII), mouvement extérieur et caisses à eau latérales. Sa principale particularité est d'être une application du système Compound auquel M. Mallet s'est dévoué. La vapeur est introduite d'abord dans un petit cylindre enveloppé d'un plus grand qui lui sert de chemise de vapeur, c'est celui de gauche; puis la vapeur émise de ce premier cylindre passe par un gros conduit dans le cylindre de droite qui est plus grand et où elle se détend. Une disposition de manettes à la portée du mécanicien permet d'introduire aussi la vapeur venant directement de la chaudière, c'est-à-dire de rendre la locomotive indépendante du principe Compound et de la faire fonctionner au mode usuel, pour démarrer ou gravir les rampes. La locomotive de l'Exposition a été exécutée aux ateliers de Pétau à Passy sur les plans de M. Mallet, pour la ligne de Biarritz où elle porte le n° 12. Le principe lui-même a fait à la Société des Ingénieurs civils l'objet d'un savant mémoire de M. Mallet et de discussions après lesquelles il ne

reste plus rien à dire. (Voir *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils*, de novembre et décembre 1877.)

A côté de la machine de l'Exposition étaient les dessins des diverses locomotives construites ou proposées suivant le système Compound, depuis la petite machine pour tramway jusqu'à la grosse locomotive à 8 roues.

Brighton (fig. 5, pl. VIII). — Jolie petite locomotive-tender à 6 roues couplées, construite par l'ingénieur Stoudley, et faisant, sur les petits embranchements de London-Brighton and South-Coast railway, tous services avec une rondeur de marche et une puissance qu'on ne supposerait pas d'une si petite machine. Sauf les bielles d'accouplement, tout le mouvement est intérieur, simple, délicat et se détachant sur cadre peint en vermillon selon la mode anglaise. Chaudière droite du type Crampton avec petit dôme au milieu du corps cylindrique à courts tubes, cheminée à cuvette de cuivre, cabine complète abritant le mécanicien pour la marche arrière et avant, caisse à l'arrière pour 550 kilogr. de combustible; caisses à eau latérales, frein à air comprimé agissant par sabots sur toutes les roues. Chauffage de l'eau alimentaire par une partie de la vapeur d'échappement. Sonnerie de communication sur la machine; petit cheval alimentaire. Il paraît qu'il existe 40 locomotives de ce type sur le réseau : des pièces de l'une d'elles ayant fait 183,446 milles sans réparations étaient exposées, et on voyait aussi près de la machine les photographies des types du matériel roulant de la Compagnie.

Fox Walker, à Bristol (fig. 6, pl. VIII). — Petite locomotive-tender à 6 roues couplées en fer; mais il paraît que le constructeur les fait souvent en fonte pour ce type; caisse à houille en arrière et caisse à eau en forme de demi-cylindre concentrique et sur le corps de la chaudière ; celle-ci a sa boîte à feu renflée à l'ancienne méthode avec dôme sur la dite boîte à feu.

Cylindres extérieurs un peu inclinés, distribution et longerons intérieurement entre les roues. Sabots d'enrayage sur roues motrices et d'arrière ; frein à sabots sur les roues motrices et d'arrière ; sablière à l'avant et à l'arrière ; ressorts des roues d'avant et motrices reliés par balanciers dits compensateurs. Pour l'alimentation, il existe à la fois un injecteur et une pompe.

Locomotive américaine (fig. 7, pl. VIII). — Philadelphie-Reading, rail-rood Wotens patent, 1878. — L'une des curiosités de l'exposition étrangère, mais bien loin d'avoir la perfection d'exécution de la fameuse machine dorée et nikelée qui illustra l'Exposition de 1867. On affirme qu'elle a été construite (*sic*) en 22 jours et qu'on a été jusqu'à lui adapter des pièces qui n'étaient pas faites pour elle. On la présente moins comme un spécimen d'industrie courante que comme un de ces tours de force de travail auxquels on se plaît en Amérique ainsi qu'en Angleterre, et, comme une réunion d'idées nouvelles rentrant cependant dans le cadre de ce qu'on peut appeler le type traditionnel des Américains.

La locomotive Wotens de l'Exposition de 1878 est une puissante machine de près de 40 tonnes, à 10 roues dont 6 couplées et 4 en avant-train mobile. La particularité principale est la chaudière, disposée pour brûler de l'anthracite, présentant une forme particulière : le dessus de la boîte à feu extérieure a la forme d'une anse de panier en pente d'avant vers l'arrière, le corps cylindrique prend une forme un peu conique en venant se raccorder à la boîte à feu. Le foyer est long et large $2^m,590 \times 2^m,300$ intérieurement, en tôle d'acier; il se termine à l'avant par une chambre que traversent les gaz avant de passer dans les tubes. Cette chambre est séparée de la grille par une voûte en briques. Les

tôles latérales ont 6 millim. 1/2, le ciel 8 millim., la plaque tubulaire 9 millim. 1/2 d'épaisseur, ainsi que la tôle de boîte à feu extérieure.

L'espace réservé à l'eau entre les tôles est de 90 millim., les entretoises ont 19 millim. de diamètre et sont écartées à 100 millim. environ l'une de l'autre : elles sont vissées dans les tôles et rivées aux deux bouts. Le ciel est entretoisé de la même façon.

A l'endroit des portes de foyer les tôles ont les bords rabattus et sont rivées ensemble pour former cadre.

La grille se compose de tubes épais en fer forgé soudés, de 51 millim. de diamètre extérieur, à l'intérieur desquels on fait circuler de l'eau. Ils sont écartés de 105 millim. de centre au centre, et le vide laissé entre eux est rempli par des barreaux en fonte dont le dessus arrive au niveau du centre des tubes à eau. La chaudière porte deux petits dômes de $0^m,560$ de diamètre et une très-grosse cheminée.

Au-dessus du foyer et non comme d'usage devant sa façade, est installée pour le mécanicien une vaste et belle cabine partout close, à vitres, avec table et siége qu'on peut comparer à celle du pilote dans les navires à vapeur; tous les organes de conduite y sont réunis, mais il faut en descendre pour aller charger le feu péniblement sur le tablier du tender par une échelle incommode, et le service se fait assurément dans des conditions tout autres qu'en Europe.

Le mécanisme rentre mieux dans les conditions générales suivant la mode américaine; le cadre n'est pas composé de longerons, mais de ces tiges entretoisées qu'on connaît. Les cylindres sont extérieurs avec boîtes de distribution en dessus. Les excentriques et coulisses sont, entre les roues, intérieurement sous le corps tubé de la chaudière, lequel est très-élevé pour en permettre le facile abordage. Les lumières des cylindres ont 32 millim. de large à l'entrée, 68 millim. à la sortie, avec largeur commune de 380 millim.; le tiroir a 120 millim. de course totale et recouvre de 16 millim. extérieurement.

Pour diminuer le frottement des tiroirs sur les tables, on emploie des galets en acier trempé sur lesquels glisse le tiroir. Les graisseurs de pistons et de tiroirs sont placés à la main du mécanicien et communiquent aux cylindres au moyen d'un petit tube de 13 millim. Les pistons sont en fonte avec cercles en bronze garnis de métal blanc.

Les glissières sont en acier, les têtes de pistons sont en fonte à grain fin, avec coulisseaux en métal blanc. Le mouvement de distribution est en fer trempé. L'arbre de relevage et les supports sont en fonte, le levier extérieur est en fer, calé solidement sur l'arbre. Les roues sont en fer avec centre en fonte, les bandages en acier de 140 millim. de largeur et 73 millim. d'épaisseur. Les roues accouplées d'avant n'ont pas de boudin. Les trois ressorts sont reliés par des balanciers compensateurs. Les bielles sont en fer ainsi que les boutons de manivelles de 134 millim. de diamètre. L'alimentation se fait avec une pompe et un injecteur. L'eau venant de la pompe passe dans une chambre contenant 37 tubes en cuivre de 16 millim. de diamètre extérieur et $3^m,150$ de longueur, présentant une surface de chauffe de $5^m,80$ environ, que traverse une partie de la vapeur d'échappement. De cette façon la chaleur de la vapeur d'échappement se trouve utilisée en portant la température de l'eau d'alimentation à 45° environ.

Truck à l'avant à quatre roues et à centre d'oscillation. Les longerons de ce truck sont formés chacun de 2 tôles de 19 millim. d'épaisseur sur lesquelles sont rivées des cales en fonte; une traverse en fer les relie tous les deux au milieu, et c'est au centre de cette traverse que se fait l'appui de la machine, la disposition est telle qu'elle permet un déplacement latéral de l'avant-train dans

une limite de quelques centimètres. La traverse peut osciller, elle porte des tourillons qui reposent sur des coussinets formant boîte à graisse.

La suspension se compose de lames en caoutchouc de 254 millim. de longueur, 64 millim. de largeur et 76 millim. d'épaisseur, enfermées dans des boîtes en bronze placées au-dessus de chaque boîte à graisse. Les quatre roues sont en fonte, les essieux en fer.

La machine est munie, comme en France, de sablière, de soupapes, de robinet réchauffeur, d'un souffleur, de robinets de jauge, de niveau d'eau, etc., d'un gros sifflet, d'un disque à l'avant, d'un énorme phare et de jeux complets d'outils, de clefs, marteaux, ciseaux, verins, pelles, ringards, etc.

Le tender de grande dimension est monté sur deux trucks à quatre roues. Le tout d'une construction très-primitive.

Sud-bahn (fig. 8., pl. VIII). — Locomotive construite à l'usine de Florisdor, près Vienne, d'après les plans de M. Gottschalk, pour trains de voyageurs sur le Brenner. Elle est destinée à remorquer à la vitesse des trains de voyageurs (17 à 20 kil. à l'heure) sur rampe de 25 millim. et en courbe de 285 mètres de rayon, des trains de 120 tonnes. Cylindres extérieurs, distribution intérieure. Chaudière du type Becker, à ciel plat relié aux parois latérales par de forts arrondis. Entretoises creuses. Le chemin du Brenner possédant des courbes de très-faible rayon, tous les essieux sont sous le corps cylindrique pour diminuer l'empatement de la machine.

Graissage des boudins des roues d'avant. Cette disposition a pour effet de diminuer sensiblement les résistances et de réduire l'usure des bandages. Une petite palette ronde ou disque vient presser légèrement contre le boudin et tourne par l'effet du contact. Un godet placé au-dessus amène l'huile sur le tampon qui la transmet au bandage.

Un jet d'eau amené dans la boîte à fumée sert à éteindre les poussières de charbon enflammées.

Disposition spéciale pour nettoyer les rails à l'aide d'un jet d'eau venant de la chaudière.

Les bielles d'accouplement sont, à coussinets en fer, garnies de métal blanc.

Frein à contre-vapeur Lechatelier et frein pneumatique Smith, perfectionné par M. Hardy.

Sigl à Neustadt (fig. 9, pl. VIII), n° 2371.—Cette vieille maison, fidèle à toutes nos Expositions et l'une des plus importantes d'Autriche, a envoyé cette fois une jolie petite locomotive-tender à 6 roues couplées des mieux finies, portant son eau, partie dans deux caisses latérales, partie dans une troisième caisse sous la chaudière; tout le mouvement est extérieur et du type Engerth, avec coulisses droites d'Allan. Chaudière en tôle d'acier dont le foyer pareillement en acier est renforcé de nervures, suivant un brevet d'Ernest Polonceau. Cheminée évasée et à cuvette. Rapport de la grille à la surface de chauffe 1 : 57,7. — Section des tubes par rapport à la grille 1 : 6. — Surface du foyer par rapport à celle des tubes 1 : 12,6. — Frein agissant par sabots sur les roues motrices et d'arrière. Cuvette sous le corps tubé de la chaudière pour recevoir le tartre, suivant une disposition usitée en Autriche, mais qui y est restée localisée. Il paraît que l'intérieur de la chaudière est revêtu d'un enduit à base de plomb très-effectif, dit-on, comme préservateur des destructions physiques et chimiques *(sic)*, faisant l'objet du brevet Ochum.

Nydovist et Holm à (Trollhatam). Gotland (Suède). 1878, n° 89. (fig. 10, pl. VIII). — Locomotive-tender à 6 roues couplées pour les lignes à voie de 1 mètre, de Gotland. Chaudière à foyer Belpaire avec dôme au milieu du corps tubé; che-

ninée ordinaire à cuvette, et cabane-abri complète. Mouvement extérieur du ype Crampton; cadre intérieur. Quant aux ressorts des roues, ceux d'arrière t du milieu ont leur pression équilibrée par des balanciers. Les fers dont se ompose cette jolie machine sont d'une blancheur d'argent.

L'ensemble de la locomotive a le caractère anglais dont s'inspirent manifes- ement les Suédois dans leurs œuvres mécaniques.

Zimmermann. — Allam Vasutak. Gepgyara. — Buda Pesth (Hongrie). 1878, 1° 27.—Szolnok.—Grosse locomotive à 6 grandes roues couplées; cylindres ex- érieurs, distribution et longerons intérieurement entre les roues; chaudière à oîte à feu renflée, tubes courts, cheminée à grand pavillon évasé pour brûler lu bois; une large plate-forme entourée d'une rampe permet au mécanicien l'y circuler aisément en toute sécurité.

Qu'il nous soit permis de saisir cette occasion de rappeler que cette disposi- ion fut appliquée en 1835, originairement à deux locomotives des chemins de fer le Versailles, construites par Cavé, dites : la Gauloise et la Dorade, et qui ont u leur célébrité pour toutes leurs dispositions originales. Cette galerie n'a pas té conservée excepté en Autriche où on en fait grand usage. La locomotive le Zimmermann, simplement peinte en gris mat, sans vernis et d'un fini re- narquable, est certainement un des plus beaux ouvrages de l'exposition étran- gère. Suivent ses principales particularités : elle est un type nouveau destiné à servir à la traction à grande vitesse de trains mixtes et de trains à voyageurs pesamment chargés des chemins de la Theiss.

Elle peut remorquer sur un plan incliné de 1/800 :

750	tonnes à une vitesse de		24	kilomètres à l'heure;	
506	—	—	56	—	—
300	—	—	60	—	—

Les lignes de la Theiss n'ayant que des courbes de grands rayons, on a pu donner aux essieux extrêmes un écartement de $3^{m},600$, sans leur laisser de jeu dans les boîtes à graisse.

Les roues et les cylindres sont situés extérieurement, et le mécanisme de distribution ainsi que la sablière sont à l'intérieur entre les longerons.

Les ressorts sont disposés au-dessous des boîtes à graisse, ceux de l'essieu du milieu et de l'essieu d'arrière étant accouplés par des balanciers.

La plaque supérieure de la boîte à feu extérieure est pliée en arc de cercle et reliée au ciel de la boîte à feu intérieure par des tirants. Les entretoises qui relient les parois verticales des boîtes à feu extérieures et intérieures sont en cuivre et forées des deux côtés dans leur axe sur une partie de leur longueur. La tôle qui raccorde la boîte à feu extérieure au corps cylindrique de la chaudière est d'une seule pièce. La machine devant être chauffée au bois, la cheminée est munie d'un appareil à retenir les étincelles, système Klein.

La prise de vapeur dans le dôme se fait par un régulateur à tiroir équilibré du même système que les tiroirs de distribution de vapeur décrite ci-dessous.

Distribution Stéphenson; seulement au lieu du contre-poids usité, c'est un ressort à boudin qui sert à équilibrer le poids des coulisses et de leurs accessoires. Cette disposition présente l'avantage que les articulations ne souf- frent pas autant de la secousse pendant la marche de la machine. Le méca- nisme situé à l'intérieur entre les longerons est relié avec les tiges de tiroirs, situées extérieurement par des contre-arbres et des leviers; la manœuvre de changement de marche se fait au moyen du levier ordinaire.

La distribution de la vapeur s'opère au moyen de tiroirs tout à fait différents

des tiroirs habituels ; au lieu des tiroirs plans, qui occasionnent beaucoup de frottement, il y a des tiroirs cylindriques, construits comme des pistons à vapeur, qui sont parfaitement équilibrés.

En disposant ces tiroirs cylindriques au-dessous des cylindres, on a voulu éviter l'accumulation de l'eau dans les cylindres : l'eau, sous l'influence de son propre poids, cherche à rester toujours à la partie inférieure du cylindre et, y trouvant, par les lumières de distributions, une issue très-large, elle quitte le cylindre et passe au moyen du mouvement de va-et-vient des tiroirs, dans les canaux d'échappement, d'où elle peut sortir librement par un seul robinet.

Les avantages principaux que MM. Zimmermann et Waldemann reconnaissent aux tiroirs cylindriques sont les suivants :

1° La réduction notable de l'espace nuisible, c'est-à-dire des passages de la vapeur;

2° La diminution considérable du frottement des tiroirs et, à cause de cela, moins de force nécessaire à leur mouvement et moins d'usure aux surfaces de friction ;

3° La facilité de remplacer les pièces usées par d'autres pièces bien conditionnées ;

4° La possibilité de changer la distribution de la vapeur, c'est-à-dire de renverser son mécanisme, sans fermer la prise de vapeur;

5° La suppression des robinets purgeurs aux cylindres et aux boîtes à vapeur sans courir le danger de détruire le cylindre par l'accumulation de l'eau s'y formant ou y étant entraînée.

Les bielles d'accouplement se relient l'une à l'autre au moyen d'un assemblage à fourche, assemblage traversé par deux boulons, dont l'un passe dans un trou elliptiqne d'un diamètre plus grand dans le sens vertical, de manière à donner un certain degré de flexibilité verticalement.

Pour réunir la locomotive au tender, il existe des rotules en bronze comme dans l'ancien temps. Les pièces principales du mouvement, bielles, tiges de pistons, de tiroirs, guides, etc., sont en acier fondu. Cabane pour le mécanicien.

P.-L.-M. à 8 roues couplées (fig. 12, pl. VIII).—L'une des 94 locomotives monumentales du même type, construite en 1873 pour la Cie de Lyon-Méditerrannée, en ses ateliers de Paris-Bercy, sous le n° 4060. Mouvement entièrement extérieur du type Engerth (1).

Immense chaudière à longs tubes, à foyer de forme ordinaire prolongeant le corps cylindrique et en porte-à-faux, gros dôme, grosse cheminée à cuvette. Énormes cylindres de 54 cent. de diamètre sur 66 cent. de course. 8 petites roues couplées en deux groupes où les ressorts de suspension sont réunis par balanciers compensateurs. Poids de la machine en ordre de marche 51 tonnes, représentées, savoir : 24 tonnes sur les essieux d'avant par moitié, et 27 tonnes sur les 2 essieux d'arrière ; ce qui donne à raison du sixième, 8,500 kilogr. de puissance adhérente.

D'après les calculs et les épreuves de la Compagnie, 508 tonnes peuvent être remorquées à la vitesse de 15 kilomètres sur rampe de 10 millim., et 157 tonnes

(1) On se rappelle ce grand fait de l'histoire des chemins de fer. Un concours fut ouvert pour une locomotive capable de franchir la forte et sinueuse rampe du Sœmering en Autriche. M. l'ingénieur Engerth en sortit vainqueur, et son nom est resté pour caractériser un type aujourd'hui admis partout, mais dont on a modifié cependant la forme originaire, en isolant le tender qui portait l'arrière de la machine dont elle était partie intégrante.

r rampe de 30 millim. A la vitesse de 30 kilomètres, on peut remorquer 7 tonnes sur rampe de 10 millim. et 85 sur rampe de 30.

De nombreuses particularités sont en outre à signaler dans cette monumenle locomotive, savoir : Énorme et large foyer à 2 portes de chargement ; les ngerons ont dû être coudés en dehors pour le loger; les entretoises d'armare du foyer sont creuses; ce qui est d'ailleurs assez usuel aujourd'hui, pour re averti par les fuites quand les dites entretoises sont rompues en tout ou en ırtie. Le ciel du foyer est pourvu des armatures longitudinales classiques. ı grille est d'un système particulier dit de Ramondière, sur lequel nous viendrons. Le corps cylindrique de la chaudière est énorme et pourvu de bes de 5 mètres avec lesquels on compte une surface de chauffe totale de 0 mètres carrés. Sous ce corps cylindrique est une poche de vidange, receınt le tartre comme dans la locomotive autrichienne à qui on n'avait pas encore nprunté l'idée. Les injecteurs Giffard sont du système vertical propre à la Comıgnie de Lyon, et pouvant injecter 175 litres par minute. Roues étampées du sysme Arbel, à sections ovales. On a donné du jeu aux essieux d'avant et d'arrière our faciliter le passage de ces machines dans les courbes de faible rayon, les ussinets des boîtes à huile peuvent se déplacer de 0m,025 de chaque côté de axe, et permettent par conséquent à ces essieux un déplacement égal dans s courbes; des plans inclinés placés entre le dessus des coussinets et le corps e la boîte tendent constamment à ramener l'essieu dans la position normale. es ressorts des deux essieux d'avant sont reliés également de chaque côté par n balancier à bras inégaux pour compenser l'excédant de poids propre du essieu (moteur). Garniture métallique Duterne pour les pistons. La bielle 'accouplement du milieu est réunie à celle d'avant et d'arrière au moyen 'articulations sphériques. Coulisse renversée de Gooch; changement de marche vis. Frein à contre-vapeur analogue à celui de la locomotive à six roues ccouplées.

La machine est en outre munie d'un appareil respiratoire, système Galibert, ui sera plus tard l'objet d'une description spéciale.

Orléans.—Claparède, n° de service 1178. (fig. 13, pl. VIII).—Grosse locomoive à 8 roues couplées, construite pour grands trains réguliers de marchandises u réseau d'Orléans, par Claparède, n° 165 (1), sur les plans de la Compagnie.

Machine presque semblable à celle de Lyon qui précède, sauf les particularités uivantes : La chaudière est enveloppée de laiton poli, ce qui est réputé à la Compagnie d'Orléans plus facile et moins dispendieux à entretenir que les enveoppes en tôle peinte et vernie qu'il faut réparer chaque fois qu'on les enlève pour isiter la chaudière. Celle-ci est munie d'un foyer relativement petit, avec ouilleur Tembrinck-Bonnet ; hotte de chargement et porte de foyer à volets comme à Lyon; la cheminée est grosse et droite, mais de plus elle est trèscourte. En outre de l'injecteur alimentaire aujourd'hui adopté partout, il y a, comme anciennement (ce qui est devenu très-rare), deux pompes alimentaires à gros et court plongeur mû par excentrique. Les cylindres sont un peu plus petits qu'à Lyon et la machine un peu moins lourde.

Cockerill, à Seraing (Belgique), n° 1001 (fig. 14, pl. VIII).—Grosse locomotive à 8 roues couplées pour l'Espagne. Mouvement extérieur comme précédem-

(1) Les ateliers Claparède, l'une des rares maisons où l'on fasse encore la construction privée des locomotives, ne sont autres que l'ancienne usine transportée, transformée et modifiée des frères Cavé, qui ont été les pères de l'industrie des constructions mécaniques. Nous avons eu d'autres produits de Claparède à l'Exposition, dont nous ne parlons pas ici parce qu'ils sont étrangers aux locomotives.

ment, mais avec glissières uniques pour les crosses de piston ; chaudière à longs tubes; grosse cheminée évasée ; grand foyer Belpaire en porte à faux. Abri du mécanicien complet et à toiture doublée de bois pour préserver des ardeurs du soleil d'Espagne échauffant la tôle ; tout le mécanisme est extérieur.

On remarquera la disposition du guide de tête de piston *unique* servant aussi de guide à la tige de tiroir, et par suite le support de glissière très-simple. Un seul godet à huile graisse les glissières de tête de pistons et la petite tête de bielle motrice.

Mouvement de distribution Walschaert-Cockerill, à une seule barre d'excentrique, permettant l'emploi de bielles motrices et d'accouplement à têtes fermées sur le bouton de manivelle motrice; coulisse fixe et levier de la marche d'avant mû par la tête de piston. Bielles symétriques par rapport à leur plan d'action n'exigeant par conséquent ni droite ni gauche. Il en est de même pour toutes les pièces de mouvement et bon nombre de pièces fixes, coulisseaux de tige de piston, tiges de tiroir, coulisses, bielles et leviers de distribution, boîtes à graisse, roues d'avant et d'arrière, ressorts, etc.

Les ressorts équilibrent la charge sur les 4 roues d'arrière et les 4 roues d'avant au moyen de balanciers. Soupapes de sûreté à ressort direct, rabattement agissant par compression, et placées sur le dôme. Les essieux d'avant et d'arrière présentent un jeu latéral de 10 millim. dans leurs boîtes à graisse.

L'attelage d'arrière présente une disposition particulière pour le passage en courbe; suivant le système dit de Stradel, avec vis de tension et contre-battoirs à plans inclinés. Les soupapes d'introduction d'eau dans la chaudière sont placées à l'arrière de la boîte à feu et par suite toujours sous la main du mécanicien.

Les roues sont des plateaux pleins en fer, du système de la Société Cockerill, qui les trouve plus légères et sensiblement moins coûteuses que les roues à rayons, du moins jusqu'à un diamètre de $1^{m},400$.

V. — PETITES LOCOMOTIVES.

Nous avons dit que la tendance actuelle était d'introduire la traction et les manœuvres mécaniques partout, depuis les entrepôts, les gares et les mines, jusqu'aux ateliers et chantiers de construction. Les établissements d'Hayange, du Creusot et de Borsig sont depuis longtemps en possession de cette méthode. Pour la généraliser en toute industrie, en tout chantier, en toute contrée, on en est venu à faire des locomotives portant des treuils et des grues. On en avait fait pour labourer et pour remorquer sur les routes pavées ou empierrées; l'Exposition nous en montrait qui étaient d'une curieuse petitesse, et pour rendre sensible la tendance des ingénieurs à cet égard, nous voulions donner comparativement ci-contre à la même échelle les locomotives qui constituent les deux points extrêmes de la comparaison, savoir :

1° La locomotive à 10 roues des sections montagneuses du réseau d'Orléans, (fig. 11 ci-contre p. 263) qui fut une des curiosités de l'Exposition de 1867 est la plus grosse qui ait été construite sans trop s'écarter des formes traditionnelles ;

Dimensions de la locomotive d'Orléans et de celle de Decauville.

	1 Orléans.	2 Decauville.
Nombre de roues (toutes couplées)......	10	2
Diamètre des roues................	$1^{m},07$	$0^{m},28$
Piston (diamètre)..................	0 ,50	0 ,10
— (course)...................	0 ,60	0 ,09
Surface de chauffe..................	228^{mq}	$2^{mq},30$
Poids en marche..................	$59^{t},0$	$1^{t},350$
— adhérent..................	7830^{k}	225^{k}

2° La locomotive minuscule de Decauville, qui était à l'Exposition, est la plus petite qui ait encore été construite. Elle sort de l'atelier de Bourdon-Corpet, nous la décrivons ci-dessous. Nous indiquons ci-contre p. 263, les principales dimensions comparées de ces deux machines :

Malheureusement si nous pouvons donner la première fig. 12 ci-contre, nous avons vainement attendu le dessin de la seconde; mais comme elle est environ moitié plus petite que celle de Couillet fig. 13, page 268, on peut encore avoir un point de comparaison par la fig. 14, p. 279.

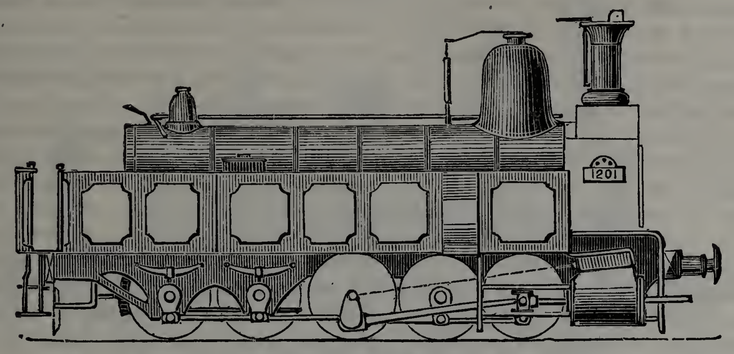


Fig. 11. — Locomotive d'Orléans.

Dans les deux planches IX et X, sont réunies les petites locomotives qui ont été une des curiosités de l'Exposition de 1878, soit pour voie de jauge ordinaire soit pour voies plus étroites. Quelques-unes sont si petites qu'il était impossible de les représenter comme dans les précédentes planches à une même échelle d'un centième ou un centimètre pour mètre. Dans la planche IX cette échelle est doublée et portée à un cinquantième soit 2 centimètres pour 1 mètre. Dans la planche X l'échelle a dû être variée suivant l'indication qui en est portée. Un tableau synoptique D mis à la fin du présent chapitre résume les dimensions principales de ces diverses petites locomotives suivant leurs particularités les plus intéressantes.

Locomotive à Cabestan, du Nord (Planche IX fig. 1). — Construite aux ateliers de Fives-Lille en 1878. N°. 2197. 4 petites roues couplées; chaudière verticale tubulaire du système Field; cylindres extérieurs et distribution intérieure. Munie d'un fort cabestan vertical mû par machine à vapeur spéciale. Poids de l'appareil en ordre de service, 9 à 10 tonnes. C'est un outil nouveau comme principe et comme disposition, qui a pour but de servir dans les gares de la Cie du Nord à ses manœuvres des wagons et des plaques tournantes, qui se faisaient autrefois si péniblement à bras d'hommes et qui s'effectuent aujourd'hui avec des chevaux. C'est une de ces applications qui se font aujourd'hui partout, des engins mécaniques et de la machine à vapeur. Nous ne suivons encore que de très-loin l'Angleterre où la vapeur et la force hydraulique ou celle de l'air sont si généralisées. Mais la locomotive à cabestan du Nord constitue, avec la locomotive de secours de l'Ouest deux de ces applications que nous appelons de tous nos vœux.

Saint-Léonard-Liége (fig. 4, pl, IX). — Cette maison, l'une des plus anciennes de Belgique, a exposé une locomotive-tender de forme spéciale, ayant assez de ressemblance avec celle du Nord. Entre 4 petites roues couplées à disque plein,

s'élève une chaudière verticale ; derrière est la plate-forme de conduite avec son toit-abri et en avant est la caisse à eau ; le mécanisme est extérieur et du type usuel incliné. C'est manifestement une locomotive de gare et chantier sur laquelle nous ne sommes pas parvenu à recueillir des renseignements.

La même maison exposait aussi les dessins de nombreuses locomotives ordinaires de divers types, depuis celle des tramways jusqu'aux grosses machines à 8 roues pour les grandes lignes ferrées.

Riguenback à Aarau 1878 (fig. 2, pl. IX). — Nouvelle locomotive du fameux Railway à crémaillère du mont Rigi en Suisse. Avec ce système de chemin de fer, qui commence à se répandre dans divers pays de montagnes, apparaissent diverses locomotives de types nouveaux et particuliers. On a souvent décrit la locomotive actuelle à engrenages et à chaudière verticale. Celle de l'Exposition a une chaudière horizontale de forme usuelle, 4 roues motrices couplées et un mouvement moteur tout extérieur. Mais, comme dès le principe au Rigi, outre les roues motrices utilisant l'adhérence, le mouvement moteur actionne en même temps un pignon qui engrène dans la crémaillère fixe installée dans l'axe de la voie entre les rails, pour aider à gravir la rampe et régler la descente. Les conditions de travail sont celles-ci : à la remonte 9° tonnes remorquées sur rampe de 20 millimètres à la vitesse de 20 à 25 kilomètres et le même poids à 10 kilomètres de vitesse sur rampes de 52 millimètres : à la descente retenir et modérer un train de 140 tonnes. Aux dimensions de la machine proprement dite consignées au tableau, il faut ajouter celles qui suivent :

Diamètre de la roue d'entrée	1,05
Diamètre du pignon moteur	0,54
Diamètre des pignons.	0,45

34 machines de ce système ont déjà été construites depuis 1870 tant, en Suisse qu'en Allemagne, par la maison Krauss, de Munich, et elles ont pu travailler sur des rampes de 7 centimètres.

Fives-Brésil (fig. 5 pl. IX). — L'une des dix locomotives construites aux ateliers de Fives-Lille n° 2155, pour le chemin de fer du Brésil à voie de un mètre. Mouvement extérieur du type Engerth ; cadre intérieur ; 6 roues couplées et dont celles du milieu n'ont pas de boudin ; plus une paire de petites roues en avant-train mobile. Chaudière à boîte à feu rectangulaire du type Belpaire, tubes courts, dôme au milieu du corps tubé, cheminée à gros pavillon conique pour brûler du bois, guérite d'abri complète et vitrée sur toutes faces ; à l'avant de la machine est une de ces cages en forme de charrue, usitées en Amérique sous le nom de *Chasse-bœufs*. Poids : vide 18 tonnes, en marche 20 tonnes. La machine est suivie d'un tender à 4 roues du poids de 6 tonnes $^1/_2$ et portant 4,500 litres d'eau, plus 2,500 mètres de bois. Changement de marche à vis et frein à vapeur de Lechatellier. C'est peut-être la première fois qu'un atelier français fournit des locomotives sinon à l'étranger, du moins au Nouveau-Monde. Rendons cette justice au constructeur qu'il a exécuté sa machine de l'Exposition de manière à faire espérer qu'un nouveau débouché est ouvert à nos machines.

Locomotive à levier, système Brown. — Deux exposants présentent cette locomotive d'un système nouveau 1° les ateliers suisses de Winterthur qui ont vulgarisé la machine à vapeur de Sulzer, variété du système Corliss (Quillacq d'Anzin, cessionnaire du brevet en France), et 2° MM. Corpet et Bourdon, ancienne maison Anjubaut, de Paris.

Ce qui caractérise le système Brown, c'est que l'action des cylindres extérieurs est transmise non directement aux roues comme à l'ordinaire, mais par l'intermédiaire d'un levier qui fournit aussi par une combinaison de petits leviers le mouvement distributeur. Le reste de la machine offre des dispositions connues. Caisse à eau sous la chaudière, chaudière du type Crampton avec cheminée évasée à l'avant surmontée de soupapes de sûreté du type Cockerill (Voir chapitre des machines à petite vitesse).

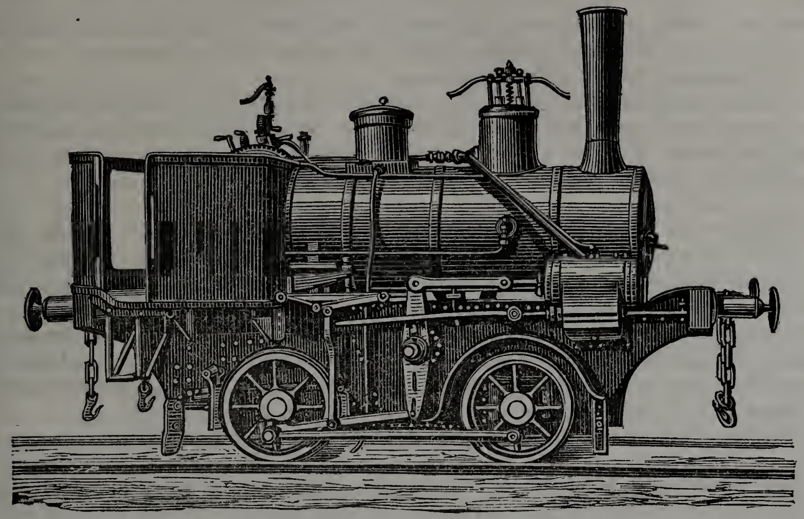


Fig. 12. — Locomotive à levier de Brown.

Société des Batignolles, anciens ateliers Gouin (fig. 2, pl. X) ; N° de construction 905. — Cette considérable et vieille maison qui a fourni tant de matériel aux chemins de fer et qui a construit plusieurs des plus grosses locomotives connues, est aussi entrée dans la spécialité des petites locomotives de mines et chantiers. Celle qui est exposée est de forme traditionnelle, à chaudière Crampton avec dôme au milieu et cheminée à couronne en cuvette. Elle est à cylindres et mouvement intérieurs, et elle est portée sur 6 roues à la voie de 1 mètre pour chemins d'intérêt local à petit trafic; vitesse de 15 à 18 kilomètres à l'heure.

C'est le plus petit des trois types construits par cette maison pour ce genre de trafic. Il pèse 10 tonnes et demie à vide et 13 tonnes 750 avec approvisionnements.

On peut, suivant la vitesse ou l'effort de traction à obtenir, modifier soit le diamètre des roues ou les cylindres et la chaudière. Toutes les combinaisons sont possibles entres les deux types extrêmes. En un mot cette locomotive est étudiée de manière à permettre d'en tirer sept ou huit types différents, répondant aux diverses conditions que peut présenter une exploitation, et cela par la modification d'un ou de plusieurs des organes.

La charge varie de 2,250 à 2,750 kilog. sur chaque essieu.

Voici les points les plus saillants de cette machine.

Les poulies d'excentriques sont fixées sur une manivelle qui est elle-même calée sur l'essieu moteur. Cette disposition créée par la maison Gouin, permet de leur donner un très-petit diamètre.

La coulisse de distribution est droite. Son coulisseau porte son graisseur.

Cette disposition permet d'obtenir une plus grande course qu'avec une coulisse à double flasque de même longueur, parce que le coulisseau peut se placer en face et même au delà des points d'attache des barres d'excentrique.

La tête de piston porte un chapeau et n'est guidée que par une seule glissière comme dans la machine de Cockerill (voir p. 261). Elle porte son graisseur à réservoir avec elle, ainsi que la petite tête de bielle. Les bielles d'accouplement ont leurs petites têtes fermées et garnies simplement d'une bague ; cette disposition analogue à celle employée sur un grand nombre de locomotives du chemin de fer du Nord, a l'avantage d'assurer une longueur invariable aux bielles et de les soustraire aux corrections parfois maladroites du mécanicien.

Le changement de marche est à vis.

Le levier du régulateur, par sa disposition, donne un bras de levier variable au boulon qui tire sur la tringle, il permet d'ouvrir le régulateur sans peine lorsqu'il est fermé et porte la pression sur toute sa surface, cette disposition permet de renoncer au régulateur à double tiroir. Frein à quatre sabots.

Ateliers de Passy (fig 1, pl. X). Anciens ateliers Pétau. — Cette maison, qui a eu, croyons nous, l'une des premières, la spécialité de ces petites locomotives dites d'entrepreneurs, en a exposé cette année une à 4 roues couplées où la distribution est intérieure, mais les cylindres, ainsi que les longerons, sont extérieurs et les essieux ont des manivelles rapportées en dehors des longerons comme dans les types de l'Ouest et de Polonceau. C'est bien entendu une locomotive-tender, dont les caisses à eau sont latéralement contre la chaudière du type ordinaire Crampton avec dôme au milieu et cheminée couronnée en cuvette.

Injecteurs alimentaires du système Bouveret.

Cail-Larmanjat (fig 4, pl. X). Locomotive pour voie de 1 mètre et à pentes de 50 millimètres dits à traction mixte. C'est-à-dire utilisant comme au Rigi (voir p. 264) en même temps l'adhérence des roues couplées sur les rails, et l'action d'une roue dentée engrenant dans une crémaillère fixée le long de la voie, mais contre le rail de droite. Celle-ci n'existe qu'aux rampes, elle est inutile en plaine où l'adhérence ordinaire des roues suffit. Une disposition particulière permet alors de faire rentrer les dents dans leur couronne de manière à effacer leur saillie. Cette curieuse machine est l'application, mais bien modifiée du système primitif de M. Larmanjat, ce courageux et persévérant inventeur que nous connaissons depuis 15 ans; la maison Cail a voulu enfin l'accueillir comme elle l'avait fait pour tant d'innovations aujourd'hui conquises par la pratique industrielle. La machine Cail-Larmanjat de l'Exposition n'est qu'un petit appareil du poids de 4 tonnes à deux cylindres de 16 centimètres sur 18 de course, 10 mètres carrés de chauffe et roues de $0^m,90$; la communication de mouvement des pistons avec l'essieu moteur n'a pas lieu directement comme d'ordinaire, mais par l'intermédiaire d'un engrenage.

Cail (fig. 3, pl. X). Locomotive de 10 tonnes à 6 roues couplées pour entrepreneurs, à voie de 1 mètre en petits rails. N° de construction 2002. — Mouvement extérieur, caisses à eau latérales; traverse extrême descendant très-bas autant pour la protection du mécanisme et la facilité du relevage en cas de déraillement que pour permettre le tamponnage à toute hauteur des wagons et wagonets de terrassement. Pour l'alimentation la machine porte un injecteur Friedman (variété de Giffard) et un injecteur Chiazzari fonctionnant à eau chaude. Tout dans cette locomotive est soigné et travaillé comme dans les machines dont les ateliers Cail, les plus grands du monde, ont outillé notre réseau ferré et souvent celui de l'étranger.

Cail. — fig 5. Très-petite locomotive-tender de 3 tonnes pour voie de 80 centimètres, à usage d'usines et exploitations industrielles ou agricoles. N° de construction 2000. 4 roues couplées de 60 centimètres, cylindres de 15 sur 24 de course, 7 mètres et demi de surface de chauffe et 9 kilog. de pression dans la chaudière qui est du type ordinaire avec gros dôme sur le foyer. Mouvement extérieur, une toiture abrite le conducteur contre la projection des débris à craindre surtout dans les mines et chantiers.

Cail (fig. 6, pl. X). — Très-petite locomotive-tender, du poids de 1200 kilog. pour voie de 60 centimètres et même de 50 centimètres. C'est en ce moment le terme extrême d'une série de petites locomotives à 4 roues couplées, ayant déjà, paraît-il, reçu une grande application, notamment dans les immenses ateliers du constructeur, où le traînage ne se fait plus autrement depuis quelques années, avec une grande économie. La machine en question a un seul cylindre de 10 centimètres sur 14 de course, des roues de 40 centimètres et 2 mètres de surface de chauffe. Ses deux caractères sont : 1° une chaudière verticale du système Field timbré à 8 atmosphères; 2° un mécanisme tout spécial enfermé dans un coffre à l'avant de la chaudière et composé d'un seul cylindre vertical, dont le mouvement se transmet aux roues par l'intermédiaire d'engrenages ralentissant le mouvement.

Black-Hawthorn et Cie à Gateshead upon Tyne (n° 447, fig. 7, pl. X). — Nous ignorons ce que cette maison, qui construit même des machines marines de 600 chevaux, a de commun avec l'ancien Hawthorn, l'un des pères de la locomotive et dont les types, même en France, furent si estimés. Elle a exposé, outre des dessins de machines ordinaires, une jolie petite locomotive peinte en bleu et or appelée *mignonne*, qui paraît avoir été livrée à un très-grand nombre d'exemplaires, partout pour mines, chantiers, gares, ports, usines, en Angleterre, aux Colonies, aux plantations du Brésil, en Suède, etc. C'est une machine-tender, portant son eau dans une caisse sur le dessus de la chaudière, 4 petites roues couplées à disque plein, cylindres extérieurs, distribution et cadres intérieurs. La machine exposée est, paraît-il, destinée à un service d'établissement métallurgique à voie de 3 pieds avec courbe de 20 pieds de rayon. Elle peut remorquer en palier 60 tonnes. Tout le mécanisme est en acier, deux injecteurs alimentaires; frein à sabot sur les roues d'arrière.

Parmi les dessins qui accompagnent cette machine, nous remarquerons des locomotives munies de grue pouvant lever 5 tonnes, nouvel exemple de toutes les applications que reçoit aujourd'hui la machine à vapeur.

Atelier de Couillet, (Belgique) n° 380 fig. 13. — Très-petite locomotive du poids de 2 tonnes et demie pour voie de 50 centimètres, à l'usage de l'intérieur des mines; caisses à eau latérales; 4 petites roues à disque plein; mouvement extérieur; distribution Walschaërt. Nous ne saurions mieux faire que de transcrire la notice que le constructeur distribuait à l'Exposition. C'est presque un traité sur les petites locomotives.

Les locomotives légères, pour voies étroites, deviennent, dit-il, d'un usage de plus en plus général dans les usines, mines, carrières, chantiers de terrassements et exploitations agricoles; partout enfin, où il y a des transports à effectuer au moyen de wagonets.

Depuis quelques années, la Société de Couillet s'est créée une spécialité de la construction de ces petites locomotives dont elle possède plusieurs types; et un grand nombre déjà sont sorties de ses ateliers.

Ces machines pèsent de 2,500 à 7,000 kilogrammes à vide et peuvent circuler sur des voies variant de $0^m,45$ à $0^m,90$ d'écartement entre les rails. Plusieurs ont

été établies pour fonctionner dans des galeries de mine aboutissant à la surface et dont la section atteint à peine 1m,20 de largeur sur 1m,70 de hauteur. La consommation de combustible n'étant que de 2 à 300 kilogrammes par dix heures, leur dépense journalière, tous frais compris, ne varie donc que de 10 à 15 francs; ce qui les rend indispensables dans tout service où 3 ou 4 chevaux sont nécessaires.

Pour arriver au minimun des frais d'entretien, la Société de Conillet a apporté dans la construction de ces machines les perfectionnements les plus récents. Le choix des matériaux, le fini du travail et la bonne proportion de toutes les pièces, donnent à la locomotive exposée un ensemble élégant, tout en présentant les plus grandes facilités au point de vue de la surveillance et de l'entretien.

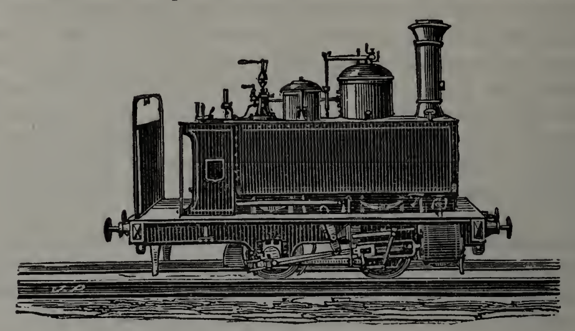


Fig. 13. — Locomotive de Couillet.

Les foyers sont en cuivre rouge, les tubes en laiton, les bandages en acier, et le mouvement en fer aciéreux cémenté et trempé; les têtes de bielles sont garnies de coussinets en bronze dur et les articulations sont largement proportionnées pour éviter l'usure autant que possible.

Toutes les machines ont un très-grand pouvoir de vaporisation, ce qui augmente leur puissance et facilite la mise à feu.

Le tableau ci-dessous indique, pour quelques-unes des locomotives construites, les charges brutes remorquées sur des rampes de 5m/m à 35 m/m.

POIDS des locomotives à vide.	POIDS moyens des locomotives ayant leurs soutes à moitié pleines.	CHARGES QUE LES LOCOMOTIVES PEUVENT REMORQUER SUR DES RAMPES DE : 0m/m.	5m/m.	10m/m.	15m/m.	20m/m.	25m/m.	30m/m.	35m/m.	
tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	
2 5	3 »	24 »	17 »	13 »	10 »	8 4	7 »	6 »	5 »	
3 »	3 5	28 »	20 »	15 »	12 »	9 8	8 »	7 »	5 8	
3 7	4 4	35 »	25 »	19 »	15 »	12 »	10 »	8 »	7 »	(1)
5 5	6 6	52 »	33 »	29 »	23 »	19 »	15 »	13 »	11 »	
7 »	8 4	66 »	47 »	36 »	29 »	23 5	19 »	16 5	14 »	
5 »	5 6	42 »	29 »	21 »	17 »	13 »	10 5	8 »	6 »	(2)

(1) Adhérence : $^1/_7$ du poids moyen. Effort de traction : 15 kil. par tonne pour les wagonets et de 25 kil. pour la locomotive. Un kilo en plus par tonne et par millim. de rampe. — (2) Adhérence : $^1/_7$. Pour cette dernière locomotive on a déduit des charges remorquées, un tender qui pèse cinq tonnes en charge.

N-B. — Sur une voie bien établie et, avec un matériel bien entretenu, le cœfficient de traction sera moindre, et par conséquent, les charges remorquées seront plus fortes que celles renseignées au tableau ci-dessus.

Bourdon-Corpet. — La même maison qui a exposé la curieuse locomotive à leviers de Brown, dont il a été parlé, a exposé aussi une petite locomotive pour voie de 1 mètre du poids de 14 tonnes, à 6 roues couplées, pour entrepreneurs et portant le nº 258 de construction. Les caisses à eau sont latérales, le mouvement extérieur avec robuste glissière unique, relevage de coulisse par vis; 2 injecteurs alimentaires sous la plate-forme de conduite; chaudière ordinaire du type Crampton, avec dôme à l'avant et cheminée évasée.

Nous n'avons pas pu obtenir le dessin de cette machine qui se rapproche de celle de Cail, (fig. 3, pl. X).

Decauville. — Petite locomotive dite *Lilliput*, du poids de une tonne pour voie de 50 centimètres. Cet ingénieur, auquel on doit tout un ensemble de voie et matériel de transport, dans les usines et chantiers, a fait construire aux ateliers *Bourdon-Corpet* une locomotive minuscule, l'une des curiosités de l'Exposition et dont il a été parlé au début de ce chapitre. La chaudière, comme celles des locomobiles de Cail et de Rouffet, est composée de 2 cylindres concentriques l'un à l'autre : l'horizontal est le corps tubé, le vertical est le foyer. Les 2 cylindres sont non côte à côte comme à l'ordinaire, mais inclinés vis-à-vis dans l'axe de la chaudière, actionnant la même manivelle de l'essieu moteur comme en certaines machines de bateaux. Il n'y a qu'un seul excentrique de distribution qui est fou sur l'arbre à manivelle, et des taquets placés convenablement déterminent l'entraînement. Le changement de marche se fait en changeant le calage ; pour cela, l'excentrique porte une roue dentée conique, avec laquelle on peut embrayer à volonté un petit pignon placé à l'extrémité de l'arbre de changement de marche.

Les bielles d'accouplement sont placées de façon à faire équilibre aux bielles motrices.

Ces dispositions, très-simples, permettent de construire ces petites machines à un prix relativement peu élevé, et rendent leur emploi très-pratique.

Reschitza (fig. 9, pl. X).— Locomotive de mine à voie de 0,700. Construite aux ateliers de la Compagnie du chemin de fer de l'État de Hongrie. C'est le type employé dans les mines de Reschitza appartenant à la Compagnie.

Cette machine possède une surface de chauffe directe, assez grande, elle est avec les tubes dans le rapport de 1 :5,27. Elle fonctionne, disait l'exposant, depuis trois ans déjà dans les mines d'une manière très-satisfaisante : elle a tiré 108,198 tonnes de charbon en cinq-cent quarante-sept jours de dix heures, sur une ligne de 8,061 pieds, au prix de 10,892 francs, soit $0^{f},04$ par tonne kilométrique.

A la vitesse moyenne d'environ $7^{k},5$ à l'heure, le poids maximum remorqué est de quarante tonnes pour un train composé de trente-quatre berlines, pesant chacune 550 kilog., et chargeant environ 600 kil. Les frais de traction ont été reconnus de 92 $^{0}/_{0}$ inférieurs à ce qu'ils étaient quand on employait des chevaux.

La machine ne présente comme surface transversale que $1^{mq},85$ pour laisser à l'air un passage suffisant dans les galeries. Les cylindres sont relativement grands pour avoir plus de marge et pour pouvoir pousser la détente plus loin. La chaudière est construite avec une grande surface de chauffe, de manière à n'avoir pas besoin de charger le foyer pendant la marche, le souffleur est énergique. La quantité de fumée et de vapeur d'échappement se trouve ainsi considérablement diminuée. La boîte à feu est en cuivre, et le ciel n'est pas armaturé, mais construit suivant une forme demi-circulaire en tôle ondulée. Le mécanicien se trouve à l'abri de la fumée et des projections de pierre qui peuvent se détacher du tunnel, par un toit que la cheminée ne dépasse que de deux centimètres. La hauteur disponible étant très-limitée, on a dû mettre la

plate-forme aussi bas que possible et donner un siége au mécanicien qui ne peut se tenir debout. Tous les mouvements sont néanmoins à sa main sans en excepter le frein et les injecteurs.

La production de vapeur a lieu très-rapidement, ce qui permet d'employer souvent un jet d'eau chaude à haute pression, pour nettoyer les rails sur lesquels se forme rapidement une couche graisseuse par le dépôt des poussières de charbon et de l'huile qui tombe des coussinets et des articulations de la machine.

Quillacq-Mékarski (fig. 10, pl. X). — Voici un des appareils les plus importants de l'Exposition. C'est une très-petite locomotive remarquablement construite par la maison Quillacq, d'Anzin, pour le service des mines, suivant le système à air comprimé de M. Mékarski. Nous verrons ci-après des machines du même principe pour les tramways. Il s'agit ici d'une véritable locomotive pour une destination industrielle qui n'avait encore employé que la vapeur proprement dite.

La locomotive Quillacq-Mékarski est destinée à la traction et au refoulement des trains de wagonets dans des galeries de $1^m,10$ de large, sur $1^m,55$ de hauteur. Le cadre formé par les longerons, est porté par 4 petites roues couplées en disque de fonte, et le mécanisme moteur ne diffère pas de celui des locomotives ordinaires, si ce n'est qu'au lieu de cylindres, la tige du piston est simplement conduite par un guide rectangulaire avec bielle en fourche, comme dans certaines locomobiles. Au lieu de la chaudière ordinaire, il existe un cylindre réservoir d'air comprimé à 35 atm. ; un autre cylindre contient l'eau chaude à 160 degrés, destinée dans le système Mékarski, à prévenir le refroidissement de l'air dans sa détente. Le conducteur est assis sur un banc, devant le cylindre à air.

Voici les principales dimensions : Capacité du cylindre à air, 1,500 litres; poids de la machine, 2,300 kilog. ; puissance de traction, 360 kilog. ; cylindres 12 centimètres sur 23 de course ; diamètre des roues, 55 centimètres.

Le réservoir se remplit au dehors ; à l'aide d'accumulateur et de compresseur de la force de 8 chevaux. Cette importante innovation, qui ôte à l'intérieur des mines et chantiers, le désagrément des émissions de vapeur et les dangers du feu devra être l'objet d'une publication spéciale.

Locomotive à air comprimé système Petau, pour mines. — La Société des ateliers de Passy avait exposé dans la classe 50, une autre petite locomotive à air comprimé, dans laquelle la pression de l'air emmagasiné dans le réservoir est très-élevée, ce qui a permis de donner à ce dernier des dimensions restreintes. Le réservoir peut contenir 1,050 litres d'air comprimé à 13 atmosphères, c'est-à-dire qu'il emmagasine un travail suffisant pour un parcours de sept cents mètres avec une charge de quinze tonnes.

Le mécanisme moteur ne présente rien de particulier, c'est sous ce rapport une locomotive ordinaire, de très-petite dimension, dans laquelle le réservoir remplace la chaudière ; mais ce qui la caractérise tout spécialement, c'est qu'elle porte une pompe de compression, actionnée elle-même par de l'air à faible pression et destinée à porter à une pression beaucoup plus élevée celui qui est refoulé dans le réservoir.

La machine mise en communication avec les conduites de la mine peut donc elle-même s'alimenter d'air, non pas à la pression des conduites, mais bien à une pression plus élevée et suffisante pour qu'avec le réservoir de petites dimensions, dont elle est munie, elle puisse conduire son train à destination.

A ses stations extrêmes, et au besoin à une station intermédiaire, si le parcours à effectuer est d'une longueur exceptionnelle, elle devra s'alimenter d'air comprimé, comme cette dernière serait obligée de s'alimenter d'eau et de combustible.

Le temps nécessaire pour remplir le réservoir à la pression maximum, sera de huit minutes. Nous n'avons pu avoir le dessin de cette machine; mais voici les dimensions principales :

Poids de la machine vide....................	2,550 kilog.
— — chargée.................	2,700 »
Diamètre des cylindres locomoteurs............	0m,150
Course des pistons......................	0 ,170
Diamètre des roues......................	0 ,400
Volume du réservoir.....................	1050 litres.
Diamètre du piston compresseur..............	0m,275
— du fourreau....................	0 ,247
Course du piston compresseur................	0 ,250
Pression initiale de l'air..................	4 atm.
— du réservoir chargé...............	13 »
— finale au bout du chemin.............	3 »

VI. — LOCOMOTIVE-WAGON.

Sous ce titre l'Exposition de 1878, offre deux singuliers véhicules belges, très-remarqués: ce sont pour les petits parcours sur les railways ordinaires de grands wagons de 12 mètres, qu'on peut comparer aux wagons américains et qui portent en avant un mouvement de locomotive d'une forme toute particulière.

Déjà en 1869, les *Annales du Génie civil* ont donné un spécimen de ce genre, à chaudière verticale.

Les deux appareils de l'Exposition, appartiennent l'un et l'autre à la Belgique, où ce système paraît se généraliser. La seule ligne de l'État belge en possède dix, qui effectuent un service d'omnibus très-fréquent sur certaine section, où le mouvement des voyageurs est si varié, que le train ordinaire n'aurait pas de raison d'être à certaines heures, et alors le nouveau mode devient l'objet, paraît-il, d'une exploitation très-économique.

M. Belpaire, à qui l'industrie des chemins de fer doit diverses innovations généralisées partout, est le créateur de ces nouvelles voitures à vapeur. Les deux exposées sont réunies dans la même planche à la même échelle de 1/50, l'une en vue extérieure, l'autre en coupe longitudinale par l'axe pour montrer le mécanisme et la disposition intérieure qui est à peu près la même dans les deux spécimens. Il n'y a guère de différence entre ceux-ci que dans la forme extérieure de la caisse de voiture qui est droite comme on le voit en la figure 3, et qui a dans l'autre type la forme dite à 2 gondoles.

Le n° 1 est construit aux ateliers de M. Cabany à Malines pour la caisse et le châssis, et à ceux de M. Andry à Boussu pour la machine à vapeur. Le n° 2 a été construit de toutes pièces, aux ateliers de M. Evrard, à Bruxelles. Dans l'un et l'autre le véhicule est monté sur 6 roues à raies étampées d'une seule pièce; les roues d'avant sont motrices, les suivantes, fixes comme les précédentes, leur sont accouplées, les roues des 3 essieux peuvent se déplacer dans les courbes par le *rayonnement* des boîtes à huile où jouent les fusées. Le châssis est en fer, la caisse de la voiture est à deux compartiments, l'un de 1re et l'autre de 2me classe, tenant ensemble 50 places sur 4 rangs de banquettes en long. Ces caisses sont en bois de teack, frêne et pitch-pin. Les poignées, mains-courantes, etc. sont en cuivre poli dans l'un et nickelé dans l'autre. Le mécanisme moteur est horizontalement sous la plate-forme de conduite, actionnant intérieurement les roues d'avant, et du type ordinaire des locomotives avec coulisse de distribution

Stephenson, et frein à contre-vapeur, outre le frein à sabots sur les roues. La chaudière, isolée du mécanisme, est posée sur la plate-forme, dans le sens transversal du véhicule et forme 2 corps superposés. Le premier est le corps tubé ordinaire, avec foyer rectangulaire entretoisé en dessus comme par côté, suivant le système Belpaire; l'autre est un vaste réservoir de vapeur horizontal, remplaçant le dôme vertical ordinaire. Dans la chaudière de la voiture Cabany, les gaz chauds avant leur émission à la cheminée, lèchent extérieurement une partie du corps cylindrique qui s'ajoute, dit l'exposant, à la surface de chauffe. L'alimentation d'eau dans la chaudière est faite par deux injecteurs. Deux caisses, l'une pour l'eau d'alimentation, l'autre pour le combustible, sont sur la plate-forme de conduite à côté de la chaudière.

Comme donnée de service, les deux exposants annoncent que ces deux véhicules, établis pour une marche moyenne de 38 kilomètres, atteignent aisément au besoin 70 kilomètres et que sur rampe de 16 millimètres on peut démarrer franchement après station. Deux employés suffisent au service : un mécanicien-conducteur et un receveur chef-de-train qui fait la perception en route, les voyageurs sont reçus et descendus à leur volonté, comme dans les omnibus.

Suivent les dimensions principales des deux voitures.

		1	2
Constructeurs		Evrard.	Cabany.
Voiture.	Longueur extrême	12^m,24	»
	Largeur —	2 ,85	»
Roues.	Entre axes	6^m,80	»
	Diamètre	0 ,98	0^m,97
Poids vide sur essieu.	d'avant	8^k,70	12^k,90 (d'avant et milieu)
	milieu	4 ,35	
	arrière	3 ,30	4 ,70
	total	16 ,35	17 ,60
Poids avec 50 voyageurs et 500 kil. de colis et provisions, sur essieu	d'avant	8^t,95	»
	milieu	5 ,40	»
	arrière	5 ,75	»
	total	20 ,10	24^t,47
Diamètre.	du corps tubé de la chaudière	0^m,75	»
	du réservoir	0 ,50	»
Épaisseur.	des tôles	12$^m/_m$	12$^m/_m$
	des plaques tubulaires	25	25
Tubes.	Nombre	153	182
	Diamètre extérieur	32$^m/_m$	40$^m/_m$
	Longueur entre plaques	1^m,45	1^m,50
Surface de grille		0^{mq},48	»
Surface de chauffe.	Foyer	2^{mq},46	1^{mq},80 / 2 ,18
	Tubes	19 ,32	22 ,02
	Totale	21 ,78	26 ,00
Capacité.	d'eau	580^l	890^l
	de vapeur	500	590
Timbre en atmosphères		15	10
Caisse.	à eau	1^{mc},10	1^{mc},10
	à combustible	0 ,56	0 ,70
		1	2
Cylindres.	Diamètre	0 ,17	0 ,17
	Course	0 ,32	0 ,32
Vitesse de marche		30^k	»
Puissance en chevaux		22^c	»
Consommation de houille par kilomètre		2^k	»

VII. DISPOSITIONS DE DÉTAIL DES LOCOMOTIVES.

Dans chacun des chapitres ci-dessus consacrés aux diverses classes de locomotives, nous nous sommes appliqué à préciser les tendances générales qui prévalent en ce moment chez les ingénieurs, et à décrire la locomotive dans son ensemble. Dans le présent chapitre final, nous allons passer en revue les principales dispositions de détail remarquées à l'Exposition de 1878, et qui ont à peu près un caractère de nouveauté depuis les Expositions précédentes.

1° *Chaudières.* — Nous retrouvons toujours la chaudière multitubulaire classique; mais cette chaudière est verticale, et à peu près du système Field, dans deux petites locomotives. (Voir pl. IX, fig. 1 et 4).

Les grosses locomotives à marchandises de Lyon; d'Orléans et de Cockerill ont les plus longs tubes qu'on ait encore fait couramment, environ 5 mètres; dans toutes les autres locomotives ordinaires, on reste en général entre 3^{m},20 et 4 mètres.

Nous avons mentionné souvent les grands foyers rectangulaires, armés en-dessus comme par côté d'entretoises en cuivre, creusées, afin que leur rupture se traduise au dehors par des fuites qui sont un avertissement. Cette forme du foyer porte en France et en Belgique le nom de système Belpaire. On a vu qu'elle se généralise partout dans les locomotives. C'est un des faits saillants de l'Exposition.

Le foyer Becker, usité en Autriche est une variété du Belpaire. Celui-ci est complétement rectangulaire avec ciel plat, et c'est par le système d'armature à entretoises en tous sens qu'il se distingue essentiellement. Dans le foyer autrichien de M. Becker, ingénieur en chef du Kaiser-Ferdinand Nord-bahn, l'armature par entretoises est la même, mais le ciel, au lieu d'être entièrement plat, a ses angles arrondis à très-grands congés, sans qu'il soit besoin de l'armer en ces parties cylindriques; le coffre extérieur de la boîte à feu, au lieu d'être rectangulaire comme dans le sytème Belpaire, conserve sa forme ordinaire concentrique au corps tubé de la chaudière, et n'est un peu applati que sur le dessus.

Enfin, sur quelques locomotives étrangères nous avons vu des bouilleurs cylindriques dans le foyer, en vue d'augmenter sa surface de chauffe; en France, on n'a pas de faveur pour ces bouilleurs si difficiles à nettoyer, si prompts à s'encroûter au risque de chauffer à sec et si sujets à fuir aux attaches.

Mais de toutes les particularités relatives au foyer des locomotives, les plus caractéristiques à l'Exposition, sont celles de la machine américaine ci-dessus décrite au chapitre III, et dont la pl. XIV, fig. 4 et 5 donne les coupes longitudinale et transversale.

Rien à dire de saillant sur la garniture de la chaudière, c'est-à-dire des appareils de sécurité : manomètre, soupapes, indicateurs de niveau; ni des autres accessoires tels que dôme, cheminée, souffleur, régulateur, échappement, jette-feu, couverture. Celle-ci faite en laiton poli a eu quelques instants de faveur générale, il y a quelques années. La Compagnie d'Orléans l'emploie seule aujourd'hui. Voir pour tous ces détails la pl. XIV, fig. 2 et 3 dont la simple inspection suffira.

2° Les *fumivores*, qui à l'origine de la combustion de la houille étaient si sévèrement exigés, tombent en désuétude, et le rapide appel d'air par le robinet de vapeur dit souffleur, suffit à rendre la fumée tolérable même en station.

L'Exposition nous offrait cependant deux systèmes de fumivores connus, dont

l'emploi se continue, savoir : la voûte de brique combinée avec cet auvent intérieur en tôle qu'on appelle le pèle, et l'introduction d'air réglé à travers les parties trouées ou à ouverture graduée de la porte du foyer. L'autre système est le bouilleur et la hotte de Timbrinck-Bonnet, qui a d'abord existé au chemin de fer de l'Est et qui se continue au chemin de fer d'Orléans.

3° Les *injecteurs* alimentaires pour chasser l'eau dans la chaudière, étaient représentés à l'Exposition par un assez grand nombre de types. Il y avait les Giffard proprement dits, soit horizontaux comme au chemin de fer de l'Est, soit verticaux comme au P.-L.-M., soit ceux modifiés par M. Turck au chemin de fer de l'Ouest.

Deux autres appareils se présentaient à l'Exposition de 1878 avec un caractère d'application soit générale, soit nouvelle et, doivent être ici relatés, savoir : les appareils Friedman et Chiazzari, exploités en France, notamment par la maison Cail.

L'*injecteur aspirant Friedman* est une sorte de Giffard, très-simple et très-réduit de dimension quoique fort puissant, qui se place au bas des locomotives à proximité du tender et qui a le double but d'alimenter la chaudière, suivant le mode accoutumé et d'aspirer l'eau d'un puits ou d'une citerne pour remplir le tender. Avec cet appareil, il n'est plus besoin de ces réservoirs montés sur tour, ni de machines élévatoires et de leurs conduits; l'eau peut être aspirée dans un puits ou en un cours d'eau directement à 7 mètres de profondeur avec de la vapeur à 3 atmosphères dans l'injecteur.

L'*injecteur Chiazzari* (pl. XIII, fig. 11) est, disait la notice distribuée à l'Exposition, une pompe formée d'un cylindre, dans lequel se meut un piston à grosse tige, tel que le volume engendré, en avant, du côté de la tige soit beaucoup plus petit, moitié, par exemple, du volume engendré du côté opposé. L'eau froide est aspirée du côté de la tige et refoulée ensuite du côté arrière, où elle arrive en passant, au préalable, par un tamiseur qui la divise en fines gouttelettes. En même temps, cette eau divisée rencontre la vapeur d'échappement, conduite en partie à la pompe par un branchement prélevé sur la conduite générale d'échappement de la machine, condense cette vapeur en s'échauffant à son contact et entre avec vitesse derrière le piston de la pompe, tant à cause de l'aspiration produite par ce piston que sous l'action du vide relatif produit par la condensation de la vapeur, qui fait que celle-ci, arrivant avec une certaine force vive, entraîne l'eau vers le cylindre, d'une manière analogue à ce qui se passe dans l'appareil Giffard.

De cette manière, on arrive donc à réaliser toutes les conditions d'une parfaite alimentation, et, de plus, à diminuer derrière le piston de la machine la contre-pression. L'eau du réservoir d'alimentation reste froide et n'empêche pas, par conséquent, le fonctionnement d'un appareil auxiliaire d'alimentation; le Giffard, par exemple, dont il est toujours prudent d'être muni dans une bonne installation.

4° *Réchauffage de l'eau alimentant la chaudière.* — L'injecteur Chiazzari, dont il vient d'être parlé, fournit déjà ce résultat; mais deux autres dispositions tendant au même but étaient à remarquer sur les locomotives de l'Exposition. Dans la machine américaine, l'eau refoulée traverse en son conduit un manchon chauffeur où est reçue une partie de la vapeur d'échappement; c'est une disposition commune sur les locomobiles agricoles.

La locomotive italienne de l'Exposition avait l'appareil Mazza. L'eau prise par l'injecteur ne vient pas directement du tender, mais d'une solide bâche placée en-dessous de celui-ci et que l'inventeur appelle le *sous-tender*, il est rempli d'eau déjà chauffée comme on va le voir.

Par un tube avec un robinet sur le dessus de la chaudière, la vapeur à pression élevée de celle-ci vient comprimer l'eau du sous-tender et aider l'injecteur à l'envoyer dans la chaudière à jet continu, réglé comme il convient par un régulateur ad hoc. Cette émission de vapeur étant supprimée par la fermeture du robinet, le sous-tender vidé se remplit de nouveau par l'eau du tender proprement dit qui y descend naturellement, une valve ad hoc étant ouverte. Or, cette eau que l'émission de vapeur va porter à haute température est déjà chauffée dans le tender, mais par un renvoi de vapeur d'échappement venue parallèlement des cylindres comme dans la machine américaine précédente. Le tender est en outre divisé en deux compartiments respectivement étanches, l'un pour l'eau chaude dont il vient d'être parlé, et l'autre pour une égale quantité d'eau froide en réserve pour un second injecteur ordinaire à eau froide au cas où celui de l'eau chaude du système Mazza se dérangerait.

Tout ce système comprend un ensemble très-compliqué de tubes, robinets, régulateur, rotules d'assemblage, etc. Mais il paraît que depuis plus d'un an on en tire un parti très-avantageux aux chemins de fer de la haute Italie, même sur les locomotives rapides, bien qu'il soit surtout recommandé pour les machines à petite vitesse et de long parcours. Outre l'avantage économique de l'alimentation à l'eau chaude, il paraît que dans le sous-tender l'acide carbonique renfermé dans l'eau se dégage, que les sels de chaux et de magnésie qu'il maintenait en suspension se précipitent et que les incrustations dans la chaudière sont en grande partie évitées.

5° *Abri du mécanicien.* — Nous en avons fini sur les chemins de fer avec cette mesure un peu cruelle qui exposait le mécanicien sur sa machine à toute la rigueur des intempéries. Il ne faut pas trop reprocher aux ingénieurs des premiers chemins de fer cette croyance qu'en donnant au mécanicien trop de confortable, on l'encouragerait au sommeil et à l'inattention ; car les mécaniciens eux-mêmes, surtout en France, se sont longtemps montrés les premiers hostiles à tous ces abris gênants pour la manœuvre et l'inspection de la voie, disaient-ils, et se déclarant assez bien garantis par leur costume approprié suivant la circonstance. L'Amérique, puis l'Allemagne, puis l'Angleterre et enfin la France, ont fait aujourd'hui de l'abri une application générale, et de plus en plus on va vers l'établissement d'une vraie chambre, à la façon américaine.

Les planches annexées au présent compte-rendu de l'Exposition de 1878 suffisent à montrer comment chaque constructeur a plus ou moins abrité le mécanicien. Il reste à signaler deux particularités : 1° Les toitures en tôle formant abri ont deux inconvénients, d'abord la trépidation bruyante ; on y a remédié sur plusieurs machines par une toiture en bois, plus ou moins garnie de métal au point de vue de la solidité et de l'étanchéité. En second lieu, ces toitures purement métalliques rayonnent dans les pays chauds une intolérable chaleur sous l'action du soleil. On y obvie soit par ces mêmes garnitures de bois, soit par une double enveloppe, avec libre circulation d'air entre deux.

2° Appareil Galibert (pl. XII, fig. 1) sur les locomotives de P.-L.-M. Les mécaniciens des trains de marchandises sur la section d'Alais à la Bastide, avec les machines à 8 roues accouplées, éprouvent quelquefois des malaises au passage des souterrains, notamment dans celui d'Albespayre. Ces malaises sont dûs à la faible section des souterrains par rapport à la production des gaz délétères, qui vicient l'air et agissent immédiatement sur les agents des trains avant que le renouvellement par l'aérage ait eut le temps de se produire.

Les machines de ce type, en service sur cette section, ont été munies d'un appareil respiratoire, système Galibert, destiné à parer à cet inconvénient.

Cet appareil se compose : d'une caisse en tôle placée au-dessus de la plate-

forme du mécanicien et formant abri. Cette caisse est divisée en deux compartiments d'une contenance de 250 litres chacun.

Le mécanicien et le chauffeur ont chacun leur compartiment spécial dont ils respirent l'air au moyen d'un tube en caoutchouc, garni à son extrémité d'une embouchure en caoutchouc durci. Chacun des agents, pendant le passage du souterrain, prend dans la bouche l'embouchure en caoutchouc, aspire dans la caisse l'air nécessaire à l'aspiration. Puis on renvoie les produits de l'aspiration. Un pince-nez empêche de respirer par le nez. Pour éviter toute fatigue à la poitrine, une poche flexible en caoutchouc, fixée à chaque réservoir, communique par l'intérieur avec l'atmosphère et maintien la pression du réservoir à la pression atmosphérique.

Le renouvellement de l'air contenu dans la caisse se fait, avant d'entrer dans les souterrains, au moyen de l'aspirateur Giffard, communiquant avec les deux compartiments au moyen de tuyaux. L'air entre par un orifice que l'on ferme à l'entrée du souterrain au moyen d'une valve se manœuvraut à la main.

6° *Dans la disposition générale du mécanisme et du bâti.* — Le visiteur de l'Exposition a dû remarquer qu'on continue à rester dans les traditions : pas de formes nouvelles d'organes, même agrégation, mêmes accessoires de service, sauf dans la locomotive américaine où les bâtis sont formés de tiges comme dans les machines de Bury, des premiers chemins de fer, le cadre est formé de *longerons* découpés dans des tables de fer laminé. Les figures des planches suffisent à montrer les diverses formes.

Les petites locomotives nous ont montré quelques agrégations spéciales des organes; sans parler de la minuscule machine de Decauville, où les cylindres sont inclinés vis-à-vis avec un seul excentrique de distribution, nous trouvons deux dispositions qui ont été très-remarquées à l'Exposition de 1878, savoir : la distribution de la vapeur aux cylindres par l'obturateur cylindrique dans la machine autrichienne; et la locomotive de Brown, où le mouvement des pistons au lieu d'être transmis directement par bielle aux manivelles des roues motrices, emprunte l'intermédiaire des leviers. Voir page 265, fig. 12 et planche IX, fig. 3. L'auteur de ce compte-rendu osera-t-il dire qu'il proposa cette disposition il y a une quinzaine d'années? En même temps que l'emploi de la roues couplées dans toute locomotive à voyageurs et de 8 ou 10 roues couplées pour grosses locomotives à petite vitesse? Sa proposition fit jeter les hauts cris et fut rejetée comme l'aberration d'un novateur sans pratique. Il est donc heureux de voir des ingénieurs si hautement autorisés en venir à la réalisation des idées qu'il dut abandonner, en leur temps, tout découragé. De même que les 4 roues couplées dans les trains rapides et les 8 roues couplées dans la petite vitesse sont aujourd'hui passées dans la pratique, voici que le mécanisme à levier de M. Brown a fait sa grande sensation, et de nombreuses propositions du même type arrivent de toutes parts et ouvrent un nouveau champ au mécanisme de la locomotive si longtemps stationnaire.

7° *Pour le mécanisme de distribution de la vapeur aux cylindres.* — Nous avons vu à l'Exposition à peu près également tous les systèmes connus depuis la classique coulisse de Stéphenson jusqu'à cette distribution belge dite Walschaërt, et à celle autrichienne dite de Haswell, où le mouvement transmis aux tiroirs est donné en tout ou en partie, non par les excentriques classiques, mais par des contre-manivelles convenablement calées, ou par des tringles et leviers attachés à la crosse du piston. Une disposition à remarquer est celle de la locomotive express de l'ouest, où la coulisse est retenue en haut et en bas pour éviter le ballottement qui peut troubler le jeu normal de la distribution déja si accidenté.

8° Les *relevages des coulisses* se font de plus en plus par mécanisme du genre des crics ou des vérins à vis, et non plus par simples leviers d'un mouvement si difficile dans les grosses locomotives de 8 à 10 atmosphères. Ces systèmes de relevage sont très-variés dans la forme et les détails, mais ils reviennent tous au même but et au même principe.

A ces systèmes de crics et vérins, nous comptons bien que la prochaine Exposition substituera le mécanisme à vapeur si puissant et si docile que, sous le nom de *servo-moteur*, M. Farcot applique à la manœuvre des grands appareils mécaniques sans qu'il soit besoin de la force musculaire.

Les tiroirs, sous chacun desquels à certains moments la pression n'est pas moindre de 6,000 kilog, ne sont jusqu'ici ni allégés, ni équilibrés comme dans la marine. Tout au plus peut-on citer l'emploi d'alliages doux au frottement et faciles à remplacer en cas d'usure par voie dite de doublage. La machine américaine de l'Exposition de 1878 avait une disposition assez curieuse pour adoucir le mouvement des tiroirs, lesquels étaient munis de galets de friction sur lesquels les renseignements nous manquent ; nous ne pouvons donc que relater le fait. Mentionnons aussi les tiroirs-pistons de la machine autrichienne décrite ci-dessus, p. 258.

9° *Dans la disposition des roues*, nous avons remarqué : 1° certains accrochages des bandages sur la jante encore à l'état d'essai; 2° les roues d'une seule pièce étampée d'Arbel et de Deflassieux aujourd'hui, généralisées surtout en France; et d'autre part les roues à disque plein, de Cockerill, et des petites locomotives de Couillet, de Quillacq et d'Hawthorn; plus quelques roues de fonte, au moins quant au moyeu; exemple : la machine américaine et la Fox *Walker* de la section anglaise; 3° Les avant-trains mobiles depuis longtemps communs en Allemagne, en Autriche et en Suisse, et bien plus encore en Amérique, mais tendant, à s'appliquer même aux locomotives rapides françaises et anglaises. (Voir chapitre Ier, et planche 1re). Dans le détail, les trucks mobiles de locomotive et wagon, soit en avant-train, soit en arrière-train, sont très-variés et leur description demanderait une étendue que nous ne pouvons donner ici, outre qu'il serait difficile de conclure au meilleur système; 4° Les roues d'une des locomotives autrichiennes nous ont aussi offert une disposition singulière : un graissage des boudins pour passer avec moins de frottements dans les courbes. La planche XIII donne le système avec ses proportions relatives, et puis aussi en coupe grandie. C'est une brosse frottant sur le boudin et sur laquelle descend l'huile d'un godet graisseur.

Le jeu des fusées ou tourillon d'essieu est le procédé usuel aujourd'hui des ingénieurs qui répugnent encore, pour franchir les courbes, à l'emploi des trucks mobiles, soit en avant-train, soit en arrière-train. L'histoire du jeu donné aux fusées n'est pas à faire. Mais l'Exposition de 1878 nous montrait plusieurs locomotives à grande ou à petite vitesse, où ce jeu est donné principalement aux roues d'avant par une inclinaison des coulisses de plaques de garde.

Les 4 figures de la planche XI expliquent une des dispositions de ce genre qui existe dans la locomotive de l'État belge, construite par M. Evrard. On voit comment les flancs parrallèles de la boîte à graisse sont inclinés, de manière à fonctionner entre les coulisses, pareillement inclinées, qui font corps avec les plaques de garde. On voit également comment la boîte à graisse est entraînée elle-même par un renflement de la fusée qui a aussi un certain jeu.

Des dispositious analogues déjà anciennes en France, au moins quant au principe, caractérisent aussi plusieurs locomotives de l'Exposition, notamment celles d'Orléans et de l'Est, pour trains rapides. La Compagnie de Lyon leur préfère encore le simple jeu latéral des fusées dans les boîtes à graisse.

10° Les *freins* ont eu comme toujours une grande importance et une grande

variété à l'Exposition de 1878, sans parler des *freins instantanés*, proposés par ces inventeurs auxquels il n'y a à faire que cette réponse de M. Petiet : Le plus sûr frein instantané est un rocher éboulé sur la voie, ou deux locomotives qui s'embrassent. On a cependant reconnu la nécessité de freins d'une énergie nouvelle pour stopper en quelques secondes et à 30 mètres d'un obstacle imprévu; de là est venue la proposition de freins d'une puissance inusitée jusqu'ici, dont la plupart font l'objet d'un article spécial de M. Cossmann, dans le présent ouvrage. (Voir tome I, p. 167). Notamment le *frein à vide dit de Hardy* qu'on voyait sur les locomotives exposées du Nord et de l'Est et le *frein Westing-house*, ainsi que le *frein automoteur* de M. *Dorré*, le *frein électrique d'Achard*, et le *frein à coin de Stilmant.*

Presque toutes les locomotives de l'Exposition, françaises ou étrangères, avaient le frein à contre-vapeur dans les cylindres de Lechatelier, plus ou moins modifié.

Il nous reste à relater le système Harmignies que portait la locomotive du Creusot. Les fig. 8, 9, 10, pl. XIII en donnent le dessin, les deux derniers grossis. On voit qu'à la base du tuyau d'échappement est un simple tiroir appuyé par un fort ressort qui intercepte la sortie de la vapeur et l'emprisonne dans les cylindres. Le tiroir est manœuvré à l'ordinaire par tige, tringle et poignée à la portée du mécanicien.

En même temps un petit robinet s'ouvre spontanément par le jeu du même mécanisme et un jet d'eau s'introduit au cylindre.

En marche le registre est ouvert, et la vapeur produit ses fonctions ordinaires.

Pour marcher à contre-vapeur, soit pour stopper, soit pour ralentir la descente en rampes, on laisse le régulateur ouvert, on ramène le levier de changement de marche au point mort. On ouvre alors le registre Harmignies et du même coup le robinet d'injection d'eau; puis on ramène au point voulu le levier de changement de marche, soit à fond de course pour arrêter, soit en arrière pour équilibrer la poussée en rampe. L'appareil Harmignies emploie aussi beaucoup moins de vapeur que le système Lechatellier où l'injection est prise à la chaudière même.

Le frein hydraulique Webb dont était munie la machine Sharp se compose essentiellement d'un cylindre de 23 c/m de diamètre environ dans lequel se meut un piston dont la tige est reliée par l'intermédiaire d'une bielle au grand levier de l'arbre du frein. Le cylindre est mis en communication à sa partie supérieure par un tuyau avec un robinet à fixé sur la rehausse des sifflets. Ce tuyau amène la vapeur sur le piston lorsqu'on veut desserrer le frein. Un second tuyau fait communiquer la partie inférieure du cylindre avec la boîte à feu sous le tablier; l'eau arrive ainsi par pression dans le cylindre et fait monter le piston lorsqu'on veut serrer le frein.

On fait agir le frein en manœuvrant la clef du robinet à gauche ou à droite d'une porte, on ferme la communication avec la chaudière et on ouvre celle du cylindre avec la caisse à eau pour laisser échapper la vapeur. Le piston ne recevant plus à sa partie supérieure la pression de le chaudière, l'eau arrive en-dessous avec la même pression et le fait monter immédiatement.

Pour desserrer le frein, on tourne la manivelle du robinet en sens contraire, la vapeur envahit la partie supérieure du cylindre et, en raison de la différence des sections du piston et de sa tige, fait descendre rapidement ce dernier, et par suite éloigner les sabots des roues.

Le frein hydraulique ne supprime nullement le frein à main ordinaire dont on peut se servir au besoin. A cet effet, on a donné à la bielle qui relie la tige

de piston au levier de l'arbre, la forme d'une coulisse le long de laquelle glisse un des boulons d'articulation de la bielle lorsque c'est le frein à main qui agit.

Essieu Martin du chemin de fer de l'Ouest (fig. 12, pl. XIII). — Parmi les pièces détachées du mouvement des locomotives, nous avons d'abord omis l'essieu coudé d'une forme particultère qu'on retrouve en Amérique sur les locomotives des Badevins et que la Compagnie de l'Ouest applique depuis plusieurs années à ses locomotives. On voit par le dessin précité que le moyeu de la roue est utilisé comme bras extérieur ou manivelle. Chacun de ces bras de l'essieu se détache du corps par une inflexion ménagée et vient s'enmancher dans le moyeu renflé de la roue vers l'intérieur. On obtient ainsi plus de longueur et de surface tant à la partie du calage qu'à la fusée, tout en permettant d'écarter les cylindres. Le milieu de l'essieu a sa boîte à graisse et son ressort, et porte ainsi une partie du poids de la machine au lieu d'en charger seules les extrémités de l'essieu.

Lubrifiage de la voie. — Voici une idée bien nouvelle qui est la contre partie des sablières préventives du patinage.

En Angleterre on dissimule tant qu'on peut ces sablières comme on le fait pour tout ce qui trouble l'harmonie des lignes naturelles des locomotives, partout autre part, notamment en Allemagne, en Belgique et en France les sablières se montrent franchement, mais trop souvent sous formes de boîtes étrangement primitives et disgracieuses.

L'Exposition qui nous montrait les sablières de toutes façons, nous présentait aussi d'abord, dans les petites locomotives de mines, l'injection de vapeur et d'eau chaude sur la voie des galeries pour nettoyer les rails souvent graisseux et boueux.

Mais voici qu'en Autriche apparaît l'idée d'huiler les boudins des roues pour faciliter le frottement dans les courbes à petit rayon. Ce système était appliqué dans les locomotives du Sud-bahis. La planche XIII montre le mécanisme en place, puis isolé à plus grande échelle. L'huile arrive par un pinceau appliqué par un ressort, lèche et lubrifie le flanc seulement du boudin et de manière à ne pas graisser le plat du rail, chose essentielle, sinon on nuirait à l'adhérence des forces motrices. D'après les expériences poursuivies en 1871 et 1872 la dépense d'huile est insignifiante et la durée des bandages a été augmentée de 40 $^0/_0$. Il paraît que le sujet en est aujourd'hui appliqué à toutes les locomotives de l'état autrichien.

VIII. — LOCOMOTIVES DE TRAMWAYS.

Au début de cette étude, alors que l'Exposition était à peine ouverte et si peu complète encore, nous disions qu'un jour viendrait où ces chemins de fer de rue qu'on nomme tramways auraient des locomotives remplaçant les chevaux. Depuis les machines sont enfin venues prendre leur place dans les galeries, et ce que nous regardions comme futur était déjà une actualité. Nous sommes en présence de locomotives de tramways de divers systèmes construites avec soin dans les meilleurs ateliers et dont plusieurs effectuent aujourd'hui un service régulier. Les unes sont des machines à vapeur proprement dites, ne différant des locomotives ordinaires que par les dispositions d'appropriation. Les autres appartiennent au système dit sans foyer de Francq et Lamm, ou au système à air comprimé de Mékarski dont il a déjà été parlé. Quel que soit le moteur il y a deux modes de l'appliquer au transport sur tramways. Ou bien le moteur proprement dit se compose d'une locomotive remorquant une ou plusieurs voi-

tures, ou bien le moteur fait partie de la voiture elle-même. Les deux formes qui étaient représentées à l'Exposition ont eu, il y a longtemps déjà, des spécimens d'une grande importance. Les *Annales du Génie civil de 1868* ont relaté l'omnibus à vapeur à 12 roues couplées, à 4 cylindres et à 2 étages, de M. Fairlie, (fig. 14).

En 1869, les mêmes *Annales du Génie civil* ont également donné le dessin et la description d'une immense voiture à vapeur, à 90 places, où une locomotive proprement dite à 4 roues couplées et à chaudière verticale, et suivie de la voiture à 9 compartiments pour les 3 classes de voyageurs, plus le compartiment des bagages et de l'employé. Son poids en marche est de 20 tonnes, ses cylindres ont 20 centimètres de diamètre sur 30 centimètres de course. Les roues ont $1^m,21$.

En 1876, la même publication s'est occupée d'un autre système de M. Bruner en Suisse, immense voiture de forme orientale montée sur deux trucks à la mode américaine, dont un est pour ainsi dire le moteur, portant le mouvement mécanique et ayant ses 4 roues couplées comme dans la fig. 14. Son poids est de 12 tonnes, ses roues ont 60 centimètres de diamètre, ses cylindres ont 15 centimètres sur 30 centimètres de course.

Enfin, aux mêmes *Annales du Génie civil de 1876*, on voit une autre voiture

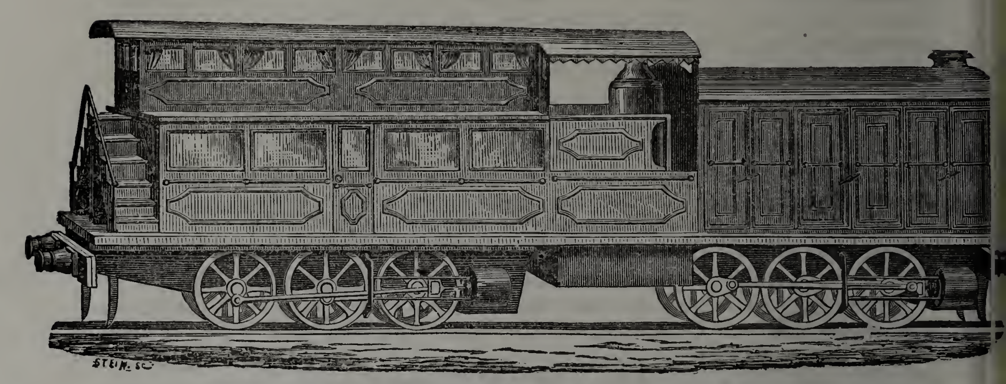


Fig. 14. — Omnibus à vapeur Fairlie.

automotrice à 2 étages du système dit à eau chaude et sans foyer, qui va être décrite plus loin et qui dessert, paraît-il, les tramways d'Édimbourg.

Malgré leur intérêt historique, nous laisserons de côté les différents essais de traction mécanique de tramways qui ont eu lieu dans quelques pays, et sans nous occuper des causes qui ont fait plus ou moins ajourner leur emploi, nous venons de suite aux spécimens que présentait l'Exposition de 1878, lesquels sont de trois espèces : locomotives à vapeur proprement dites, système américain de Francq et Lamm, et système à air comprimé de Mékarski. Elles sont réunies dans la planche XI, a une même échelle de 1/50 et leurs dimensions sont comparées dans le tableau synoptique E. Toutes ces machines sont à la voie de $1^m,44$, comme sur le réseau ferré proprement dit de France et de presque toute l'Europe. Peut-être un jour les tramways leur seront reliés directement pour un service respectif.

Locomotives proprement dites. 1° *Tilkin Mention, constructeurs à Liége*, (fig. 1 pl. XI, et col. 1 du tableau E). — Locomotive du tramway d'Aulnoy-les-Berlaimont. Cette maison construit trois types dont les poids respectifs sont à vide 4, 6 et 8 tonnes. C'est le second type qui était exposé, avec sa chaudière

verticale entre les 4 roues couplées; le poids est également réparti sur les deux essieux. Tous les appareils de conduite et ceux qui garnissent la chaudière sont en double pour gouverner de l'une et de l'autre plate-forme, situées de part et d'autre aux deux bouts de la machine, qui n'a ainsi pas de sens voulu pour la marche. Les cylindres sont inclinés latéralement et extérieurs. Les caisses à eau et à charbon sont de même de chaque côté, le tout est couvert par une élégante marquise avec panneaux vitrés.

Cette locomotive se distingue en outre par plusieurs dispositions intéressantes :

1° Un appareil fumivore spécial placé dans le foyer reçoit la vapeur d'échappement des cylindres; cette vapeur se décompose par la température élevée du foyer, et l'oxygène en se dégageant par des ouvertures convenablement disposées brûle les gaz et augmente la combustion. — 2° Le frein agit sur les quatre roues de la machine, il est actionné par un cylindre à vapeur et le serrage est obtenu par l'émission et non par l'admission de la vapeur ; c'est lorsque la vapeur s'échappe de dessus le piston que la pression qui s'exerce au-dessous fait monter ce dernier et par suite fait agir les leviers reliés à la tige du piston; — 3° L'attelage est disposé en forme de parrallélogramme articulé et monté à genouillère sur les tiges de traction de la machine et de la voiture. Il est très-rigide et permet néanmoins le mouvement dans tous les sens.

Harding-Fives (fig. 2, pl. XI, et col. 2 du tableau E). — Locomotive du système Harding construite aux ateliers de Fives-Lille, pour le tramway parisien de la Bastille à Saint-Mandé. Chaudière horizontale ordinaire avec haute cheminée; 4 roues couplées, mouvement mécanique intérieurement sous la chaudière, entre les roues et le cadre avec légère inclinaison des cylindres. Sur le tout simple toiture supportée par colonnettes.

Weyer et Richemond, constructeurs à Pantin (Seine). (pl. X, col. 3 du tableau E). — Bien que cette locomotive pour tramways ne soit encore qu'à l'état d'essai et que des modifications soient projetées, elle doit être relatée à cause de ses dispositions spéciales, dont la plus importante est l'application du principe Compound, c'est-à-dire le fonctionnement de la vapeur à détente dans deux cylindres successifs et inégaux. La chaudière est tubulaire verticale entre 4 roues couplées de 1 mètre de diamètre, le plus grand, croyons-nous, qu'on ait encore donné aux locomotives de tramways. Sur les roues motrices agit un très-énergique frein à galets.

Ainsi que nous venons de le dire, la machine est à deux cylindres *Compound* renfermés tous les deux dans une sorte de cylindre en communication avec la chaudière. La vapeur de l'enveloppe entre dans le petit cylindre où elle agit à pleine pression, passe dans un réservoir et de là se rend dans le grand cylindre où elle agit par détente. En sortant de ce dernier, elle vient se condenser dans un appareil spécial de condensation muni d'une pompe à air et placé dans une bâche remplie d'eau. C'est comme on le voit une véritable machine à condensation. L'alimentation de la chaudière se fait à l'aide d'une pompe alimentaire qui aspire l'eau condensée et la refoule dans la chaudière. Le grand cylindre est disposé de manière à pouvoir marcher à pleine vapeur comme le petit, dans le cas où la machine a à développer un effort de traction maximum. Le mouvement de commande de la distribution et du régulateur est double.

Hugues, constructeur à Longhborough (Angleterre). (fig. 6 pl. XII, col. 7 du tableau E). — Cette locomotive, élégamment abritée dans un vagon complet et vitré, est une des plus étudiées au point de vue des villes. Elle fonctionne sans ce bruit et cette émission de vapeur que produit le tirage forcé, et ses organes sont soigneusement protégés contre la poussière de la route. Suivent ses dispositions fondamentales :

Cylindres et mouvements intérieurs. Pression de la vapeur très-élevée dans la chaudière, 10 kilog. par centimètre, et admission aux cylindres en très-petite quantité avec grande détente, c'est presque une machine du genre de Francq, dont il va être question. Distributeur ordinaire à coulisse Stephenson. Boîte à feu très-grande pour contenir le combustible nécessaire à un voyage sans avoir besoin de charger en route.

Rapport de la surface de grille à la surface de chauffe totale. .	1 : 40
— de la section des tubes à la surface de grille.	1 : 6,85
— de la surface du foyer à la surface intérieure des tubes.	1 : 6,6

Petit dôme dans lequel est placé le régulateur et qui porte les soupapes ; celles-ci sont enfermées dans une enveloppe et envoient la vapeur, lorsqu'elles se soulèvent, dans la caisse à eau pour éviter le dégagement de la vapeur dans l'air. La chaudière est alimentée par une pompe à eau chaude, l'eau d'alimentation a 170 degrés environ. Il y a en outre un injecteur Giffard. Ce qui distingue principalement cette machine, c'est la disposition spéciale pour la condensation de la vapeur. M. Hughes n'emploie pas de souffleur et condense toute la vapeur d'échappement. Le tirage se fait naturellement. La machine a plusieurs caisses à eau : une au-dessus de la chaudière contenant 1,700 litres, et deux autres placées sous le tablier, aux deux extrémités de la machine. Ces deux dernières communiquent ensemble par un tuyau, qui lui-même est en relation avec l'appareil condenseur, tandis que la caisse d'arrière est garnie d'une soupape destinée à donner un écoulement rapide à l'eau chaude. Il faut deux minutes et demie pour remplir les caisses et mettre la machine en feu. Consommation d'eau à 50 degrés (en remorquant deux voitures contenant 80 voyageurs), 112 litres par mille (70 litres par kilom.), et 8 livres (3^k,6) de coke à l'heure.

La machine est munie d'un frein à vapeur automatique et d'un régulateur de vitesse que peut au besoin commander l'arrêt. Il y a également un frein à main à la portée du mécanicien aux deux extrémités de la machine. Les coussinets des bielles et des boîtes à graisse sont disposés de manière que la poussière ne puisse pénétrer sur les tourillons, dont la partie centrale est renflée, en sorte que les coussinets présentent latéralement une joue protectrice. Cette forme rappelle celle des excentriques et en outre a pour effet de retenir l'huile beaucoup plus facilement.

Saint-Léonard (fig. 8, pl. XII, et col. 9 du tableau E). — Locomotive à 6 roues dont 4 couplées, construite aux ateliers de Saint-Léonard, à Liége, sur les plans de M. Vaessen; élégamment abritée dans un wagon, étudiée comme la précédente, machine de Hugues, en vue d'éviter l'émission de vapeur redoutée dans les villes.

Le mécanisme est placé très-bas dans l'axe des roues, il est protégé à l'extérieur par une caisse en tôle dont la paroi est mobile afin de faciliter la visite des pièces du mouvement. La chaudière est elle-même placée à l'intérieur d'une cabine qui laisse à l'avant et à l'arrière la place nécessaire au mécanicien. Cette machine se distingue notamment par le moyen employé pour supprimer l'échappement de vapeur et le dégagement de la fumée. La vapeur d'échappement se divise en trois parts : l'une sert à activer le tirage ; une autre passe dans un tube circulaire percé de trous et placé dans la boîte à fumée près de la plaque tubulaire, la vapeur qui passe par les trous tombe sur les flammèches incandescentes et les éteint; le reste se condense dans un manchon, placé dans la caisse à eau. Frein à 2 sabots agissant sur les roues motrices, cylindres horizontaux avec boîte à vapeur en dessus. Distribution Walschaert.

Wintherthur (fig. 7, pl. XII, col. 8 du tableau E). — La Société suisse de

construction mécanique, dont les ateliers sont à Wintherthur et dont M. Brown est ingénieur, a fait une remarquable étude de locomotive de tramway dont elle a deux types appropriés aux conditions locales. Le type nº 2 est celui qui correspond à la planche et au tableau et dont on a supposé le panneau extérieur enlevé pour laisser voir le mécanisme. Celui-ci est du système Brown, déjà décrit au chapitre des petites locomotives et que nous avons signalé comme un des faits saillants de l'Exposition de 1878. Entre les deux types, la chaudière seule diffère moins par le système que par les dimensions. De part et d'autre elle est en acier et timbré, nous a-t-on affirmé, à 15 atmosphères. Ce qui est surtout particulier à ces locomotives de tramways, c'est qu'elles ont été étudiées avec grand soin pour éviter en marche le bruit, la fumée, la projection des escarbilles en flamme sur la voie et l'émission de vapeur qui épouvante si singulièrement les chevaux, ainsi que la forme même de ces machines marchant seules, sans conducteur apparent. Aussi l'exposant faisait remarquer qu'il a eu soin de ménager la plate-forme aux deux extrémités avec tous les organes de conduite en double pour que l'homme soit toujours en tête de la machine.

Les soupapes de sûreté sont couvertes pour ne pas cracher au dehors. La chaudière brûle du coke et est en outre munie d'un fumivore sur lequel nous n'avons pas reçu de renseignement. Il nous a été assuré que la consommation du coke est de 8 à 10 kilog. par heure et que le foyer est proportionné pour qu'on n'ait besoin de charger qu'à des stations appropriées. La machine exposée, destinée, croyons-nous, aux tramways de Strasbourg, peut monter paraît-il, des rampes de 30 mill., et passer dans des courbes de 15 mètres. Les ressorts de suspension sont du système en spirale.

La notice distribuée à l'Exposition contient des documents que leur intérêt général nous oblige à reproduire ici et qui se rapporte aux deux types comparés.

Frais d'entretien par jour.

	nº 1	nº 2
Amortissements et intérêts	8f »	6f »
Réparations	4 »	3 50
2 hommes (pour un service de 16 heures par jour) à 5 fr.	10 »	10 »
Consommation de combustible, 140-180 kil. coke par jour à 3 fr. les 100 kil.	5 40	4 20
Huile, graissage et bourrage	4 »	3 »
Totalité des frais d'entretien par jour	31 40	26 70

		nº 1	nº 2
Poids de la machine	à vide	6300k	5000k
	en charge	7600	6000
Contenance d'eau dans	la chaudière	630l	630l
	le réservoir	450	450
Combustible		200k	180k
Diamètre des roues		680m/m	600m/m
Longueur extrême		3m,600	3m,600
Largeur		1 ,900	1 ,900
Hauteur		3 ,200	3 ,200
Empatement		1 ,500	1 ,500
Pression dans la chaudière maximum par centimètre carré		15k	15k

X. — VOITURE-LOCOMOTIVE.

Mékarski. — Claparède. — L'une des seize que Claparède de Saint-Denis achève de construire pour les tramways de Nantes. Sous une belle voiture à 30 places, partie fermée, partie en plate-forme, sont placés, entre les longerons du cadre ou bâti, 10 réservoirs cylindriques en tôle d'acier de 8 mill., ayant 50 centimètres de diamètre et cubant ensemble 2,800 litres ; l'air y est comprimé à 30 atm., au départ, par une compression à vapeur établie à demeure à la tête de ligne; avec cette provision d'air on peut effectuer un parcours de 12 kilomètres. On sait que dans le système de Mékarski il importe de réchauffer l'air pour éviter le refroidissement dans la détente et le maintenir à une température constante de 15 degrés, et qu'à cet effet il existe un réservoir d'eau chaude à 160 degrés. Aux tramways de Nantes il est placé verticalement à l'avant de la voiture où se tient le mécanicien avec toutes ses manettes de conduite. L'air additionné de plus ou moins d'eau chaude est distribué dans les cylindres d'un mécanisme ordinaire de locomotive à 4 roues couplées. Des volets de tôle descendant jusqu'au ras du sol protègent le mouvement mécanique contre la boue, la poussière et les atteintes de toute nature.

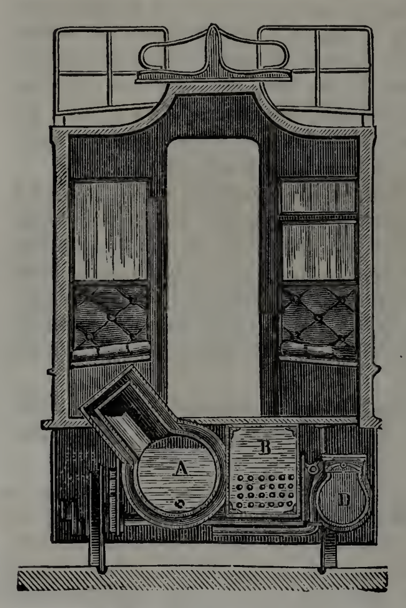


Fig. 15. — Voiture automotrice desservant les tramways d'Edimbour.

L'Exposition offre deux autres spécimens du système à air comprimé de Mékarski. L'un est cette jolie petite locomotive de mine dont il a été parlé au chapitre précédent, construite par M. de Quillacq d'Anzin et qui était un des bijoux d'exécution de la galerie des machines au Champs-de-Mars.

L'autre (fig. 4, pl. XI et col. 6 du tableau E) est une des locomotives du tramway parisien de la place Moncey à Saint-Denis et construite aussi, croyons-nous, par Claparède. Elle diffère de celle de Nantes principalement par les réservoirs d'air qui sont 4 gros cylindres enfermés dans une sorte de voiture, et par conséquent nous avons ici un remorqueur proprement dit et non plus une voiture portant son remorqueur comme la précédente. Les réservoirs cubent ensemble 5,500 litres; 12 tonnes peuvent être remorquées sur un trajet de 15 kilomètres où il existe des rampes de 5 centim., par mètre.

Francq-Cail (fig. 5, pl. XI, et col. 4 du tableau E). — Cet appareil, construit aux ateliers Cail et adopté par eux comme une des spécialités de la maison, est la locomotive dite sans foyer du système Lamm, importé d'Amérique et perfectionné par Léon Francq. Ce système fonctionne depuis un an sur le tramway de Rueil à Marly. Sa théorie et sa description complète demanderaient tout un article spécial. Nous renvoyons aux publications qui ont déjà été faites, c'est une vraie locomotive en ce qui concerne le mécanisme moteur avec ses cylindres, bielles, distributeur, roues et frein. La vapeur est créée non comme à l'or-

dinaire dans une chaudière faisant partie de la machine et emportée sur elle, mais dans un générateur installé à demeure à la station de tête de ligne et où cette vapeur est à très-haute pression, 15 atmosphères. Sur la locomotive il n'y a qu'un réservoir où la vapeur est reçue et emmagasinée pour la route, à l'aide d'une communication qu'on établit avant le départ avec le générateur fixe et qu'on enlève ensuite. La locomotive porte deux autres appareils fondamentaux: le détendeur et le condenseur. Le premier est un gros tube logé dans le réservoir même de vapeur; on y introduit une petite quantité de la vapeur à très-haute pression et elle s'y détend suivant la règle ordinaire de Mariotte, à 3 ou 4 atmosphères, pour de là passer aux cylindres du mouvement moteur. Un mécanisme particulier sous la main du mécanicien permet de régler l'introduction de vapeur dans le détendeur; elle est naturellement très-faible au commencement du voyage quand la vapeur est à très-haute pression dans le

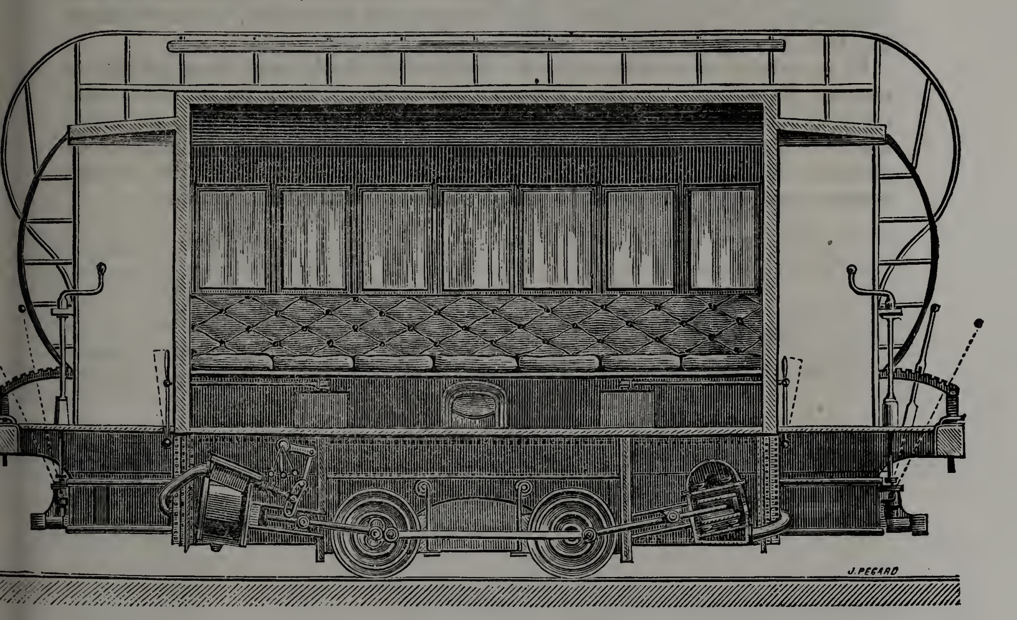


Fig. 16. — Voiture automotrice desservant les tramways d'Édimbourg.

réservoir. Il vient, à la fin, un moment où le détendeur n'a pour ainsi dire plus d'objet et où la vapeur du réservoir suffisamment détendue elle-même pourrait être admise directement aux cylindres, et le régulateur est ouvert en grand.

Le condenseur est ce gros dôme qu'on voit (fig. 5) à l'avant de la machine : c'est un cylindre que traversent de part en part des tubes à la manière des chaudières de locomotive; c'est un condenseur à surface multitubulaire comme ceux de la marine, dans lequel la vapeur émise des cylindres se condense à l'extérieur des tubes, ceux ci étant rafraîchis à l'intérieur par le passage de l'air circulant de bas en haut, car les tubes sont verticaux.

La vapeur condensée en eau dans le condenseur à surface, s'écoule dans une bâche qu'on vide, quand on est revenu au point de départ, dans une citerne où puise la pompe alimentaire du générateur fixe. Par ces dispositions sont supprimées toute émission de vapeur en route aussi bien celle de l'échappement ordinaire par la cheminée, que celle des soupapes de sûreté qui crachent lorsqu'il

y a excès de production de vapeur ; par la suppression du foyer sont de même évitées l'émission de fumée et la projection des escarbilles enflammées.

Ces explications suffisent pour préciser les points fondamentaux d'un des appareils les plus importants de l'Exposition, qui va devenir certainement l'objet des études des ingénieurs.

Nous ne terminerons pas ce sujet sans rappeler que les *Annales du Génie civil de 1878* ont donné la description et les dessins (fig. 15 et 16) d'une voiture automotrice desservant les tramways d'Édimbourg,et appliquant le même principe d'appareil à vapeur sans foyer, mais par d'autres dispositions. Sous le parquet de la voiture elle-même, (A) est le réservoir à vapeur à haute pression ou se trouve aussi de l'eau, (B) est le condenseur, (C et D) sont les cylindres moteurs ordinaires. Renvoyant à la publication précitée, nous dirons que le réservoir contient 1,620 litres, que la vapeur empruntée au générateur de tête de ligne est de 14 atmosphères, que les roues ont 60 centim., et les cylindres 225 mill. sur 200 de course.

Ici se termine le compte-rendu des locomotives dont nous avons accepté la mission; le lecteur a vu que l'Exposition nous offrait, sinon de ces nouveautés capitales qui bouleversent l'industrie, du moins un grand nombre de dispositions et d'applications neuves qui se répandent de plus en plus, témoignent de grandes études en tous pays, et qui ont dû être très-intéressantes, si nous sommes parvenus, suivant nos désirs, à en faire ressortir les caractères.

J. GAUDRY.

L'HORLOGERIE [1]

PAR M. J. BERLIOZ, INGÉNIEUR

SOMMAIRE.

I. — 1° Principes élémentaires de l'art chronométrique. — 2° Horlogerie de précision : régulateurs, pendules astronomiques, chronomètres, compteurs, etc. — 3° *Horlogerie ordinaire :* horloges, pendules, réveils, pièces de voyage, montres. — 4° Mécanismes divers procédant de l'horlogerie. — Applications aux arts et sciences. — II. — Partie descriptive de l'Exposition.

PARTIE TECHNIQUE.

Nous n'avons pas à exposer ici les principes élémentaires de l'art chronométrique. Ils ont été développés d'une manière suffisante dans un travail que nous avons fait en 1867 : nous ne pouvons que renvoyer à cet ouvrage.

La même observation s'applique à l'horlogerie monumentale : ce sujet a été traité largement en 1867. Si quelque nouveauté apparaît, en 1878, elle sera étudiée dans la 2e partie de notre travail actuel, *Descriptive de l'Exposition.*

I. — Horlogerie de précision.

Sous ce titre nous comprenons tout ce que l'art chronométrique produit de plus parfait. Les régulateurs; *les pendules astronomiques; les chronomètres les compteurs.....*

La « mesure du temps » ne se trouve réalisée, au point de vue mathématique que lorsque les instruments destinés à cette opération l'accomplissent en parfaite conformité avec les mouvements (ou les révolutions) des astres composant le système de l'univers. L'astre ou corps mouvant qui sert de guide dans la grande majorité des cas, c'est la planète sur laquelle nous vivons.

Les mouvements de rotation, simultanément autour de son axe et autour du soleil, qu'accomplit la terre, servant de base à la numération indiquant les saisons, les années, les mois, les jours, les heures, les minutes, les secondes et leurs fractions. Et pour arriver à créer des instruments capables de suivre fidèlement cette régularité merveilleuse, absolue, irréprochable, il a fallu des siècles de recherches et de travail !

On appelle *régulateur* ce type spécial d'horloges. Les études astronomiques ont appris que les étoiles sont animées d'un mouvement particulier différent quelque peu de celui de la terre, mais toujours excessivement régulier. Sur cette notion, on a établi un système spécial de numération désignant ce qu'on

---

(1) Voir l'article publié par le même auteur dans la *Nouvelle Technologie des arts et métiers* et dont celui-ci peut être considéré comme le complément.

a appelé l'*année sidérale* et ses fractions. Pour suivre la marche des étoiles on fait usage de *pendules astronomiques*.

Les instruments dont nous venons de parler ne sont susceptibles d'aucun mouvement de translation d'un lieu à l'autre. Ils doivent être fixés avec la plus grande solidité dans le point où on les installe. Leur usage est donc impossible sur un navire, dans une voiture, en ballon, et pour toute sorte d'emploi assujetti à la locomotion. En conséquence il a fallu créer des horloges portatives qu'on a nommées *chronomètres*, et qui ne sont autre chose que de grosses montres pourvues des organes les plus parfaits possibles. Sous le nom de *compteurs*, on désigne des chronomètres de poche munis d'un mécanisme qui permet, non-seulement de « compter » le nombre de minutes ou de secondes écoulées pendant la durée d'une observation quelconque, mais encore d'inscrire, sur un cadran, les points intermédiaires ou les limites extrêmes du temps employé à cette observation. Ces instruments servent aux opérations astronomiques ; à diverses expériences de physique... Ils sont aussi fort employés parmi les spectateurs et juges des courses de chevaux. Il importe d'étudier, avec quelques détails, les procédés de construction employés pour arriver à douer ces différents mécanismes d'une précision absolue.

Les régulateurs. — L'aspect extérieur d'un régulateur est celui d'une horloge dans sa grande caisse, haute d'environ $1^m,50$, large et profonde d'environ $0^m,30$ à $0^m,40$. Le plus souvent cette caisse est en accajou ou en ébène (le chêne et le cèdre devant être soigneusement prohibés). Le cadran en cuivre argenté, porte des divisions faites d'une façon très-exacte et indiquant au moyen de trois petits cercles inscrits dans le grand, les secondes, les minutes, les heures, ce qui constitue trois cadrans distincts, munis chacun de leur unique aiguille. Ainsi que nous le verrons tout à l'heure, cette disposition a pour but de simplifier le rouage autant que possible, en supprimant les roues dites de *cadrature* que les horloges ordinaires comportent pour obtenir l'indication des heures et des minutes au moyen de deux aiguilles concentriques sur un seul grand cadran. Divers frottements inutiles ou nuisibles sont également évités par cet arrangement.

Quelques constructeurs ont cru devoir conserver le cadran unique et les deux aiguilles concentriques dans des pièces très-soignées : mais toujours les secondes sont inscrites et désignées, sur un petit cadran spécial (placé entre XII heures et le centre du grand cadran) par une petite aiguille particulière. On ne saurait admettre comme de véritables pièces de précision les horloges portant une grande aiguille de secondes concentrique aux deux autres. Les dispositions mécaniques au moyen desquelles on obtient ce résultat ; le poids excessif de l'aiguille ; la longueur inévitable de son axe ; tout concourt à exclure un fonctionnement parfait. Le moteur est toujours un poids suspendu à une corde très-fine, qui est enroulé sur un cylindre attenant au premier mobile (ou première roue). Sollicitée par la pesanteur du poids, la corde se dévide, entraînant le cylindre dont la rotation détermine le mouvement du rouage.

Lorsque le poids est descendu et la corde déroulée, on remonte l'horloge en faisant tourner le cylindre en sens inverse du mouvement du rouage ; cette opération a pour résultat d'enrouler de nouveau la corde et de remonter le poids.

Pour l'intelligence de ces détails généraux, il suffira au lecteur de revoir notre travail sur l'Exposition de 1867 (pages 5, 6, 7, fig. 1 et 2). Mais, dans l'opération du remontâge, il se présente un inconvénient de nature à altérer la marche du régulateur : pendant que le cylindre est mû en sens inverse du rouage, celui-ci reste dépourvu de force motrice et s'arrête. Pour obvier à cet

accident on emploie la disposition suivante (fig. 1) : une corde *sans fin m n* est substituée à la corde simple dont on vient de parler; un second cylindre muni d'un rochet R′ est placé sur un axe séparé du mouvement; la corde sans fin est enroulée de plusieurs tours (trois au moins pour ne pas glisser) sur ce deuxième cylindre, et ensuite aprés avoir passé dans une poulie mobile P′ portant un petit poids, elle est enroulée de la même façon sur le cylindre moteur du rouage; de là elle passe par une seconde poulie mobile portant le poids moteur P et enfin, se rejoint à elle-même sur le cylindre à rochet R.

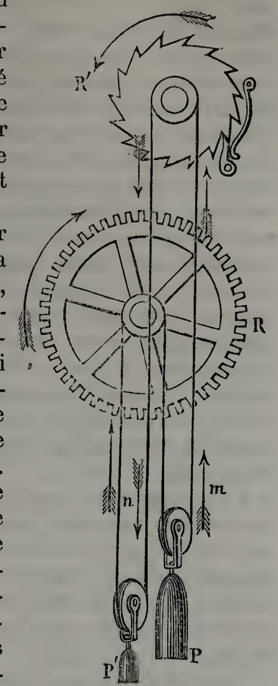


Fig. 1.

Le petit poids n'a d'autre fonction que de maintenir tendue la corde sans fin; lorsque, par suite de la marche du régulateur le poids moteur est descendu, on le remonte en faisant tourner avec la clef le cylindre à rochet; la corde file, entraînée par le cylindre, le petit poids descend et tend le brin *n* que lui abandonne le cylindre à rochet; le poids moteur remonte, soulevé par le brin opposé *m*, et se trouve prêt à fournir une nouvelle course; on comprend que la force motrice ne cesse pas de fonctionner, fig. 1.

Une autre disposition, plus compliquée, est encore employée : quelques constructeurs la préférent à cause de certains défauts reprochés à l'usage de la corde sans fin, tel que le glissement sur les cylindres et l'empiètement des tours de corde les uns sur les autres lorsqu'on procède au remontage. Ce mécanisme, dit *remontoir*, est employé (en petites dimensions) dans les chronomètres à fusée, ainsi que nous le verrons ultérieurement. Nous allons le décrire, car c'est une des meilleures combinaisons réalisées jusqu'à ce jour.

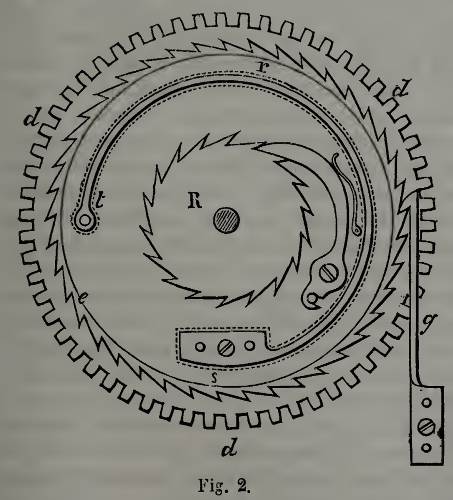


Fig. 2.

En deux mots, on peut dire que ce remontoir consiste en un ressort auxiliaire toujours tenu en état de tension par la force motrice, et dont l'action entretient la marche de l'horloge pendant le remontage. Ce résultat est produit par les organes ci-après désignés, dans la fig. 2.

Attenant à la première roue motrice *ddd* (ou roue de fusée dans les chronomètres) se place un rochet auxiliaire *e* dont la denture est dirigée à l'inverse de celle du rochet principal R. Un cliquet *g* à ressort empêche ce rochet de tourner pendant le remontage. D'ailleurs, ce rochet et la première roue motrice (ou roue de fusée) sont rendus solidaires l'un de l'autre par un petit rochet supplémentaire muni de son cliquet, tels que ceux usités dans les pièces ordinaires sans remontoir.

Le ressort auxiliaire *srt* chargé d'entretenir la marche est logé entre le grand rochet et la première roue motrice (ou roue de fusée). Il est fixé à cette roue avec vis et pied en *s*. Le bout libre *t* de ce ressort porte une goupille qui déborde des deux côtés et pénètre par un bout dans un trou fait au grand rochet, par l'autre bout dans une mortaise circulaire pratiquée dans la première roue motrice (ou roue de fusée), mortaise assez allongée pour le parcours que fait le ressort en se tendant.

La fonction de ce mécanisme est facile à comprendre : La force motrice (poids suspendu à une corde, ou chaîne tirée par un ressort) entraîne ensemble, le grand et le petit rochet par le moyen de l'encliquetage. Le grand rochet, à son tour, tend le ressort auxiliaire par l'effet de la goupille à deux bouts; et comme le ressort est fixé par son pied à la première roue motrice, celle-ci est entraînée; en même temps, l'horloge marche. Le ressort auxiliaire est donc dans un état constant de tension pendant la marche, et cette tension est égale à celle que la première roue reçoit du moteur. Lorsque le remontage a lieu, le cylindre attenant à la première roue motrice (ou la fusée), tournant en sens inverse de son mouvement, cesse de tirer le grand rochet en avant; mais celui-ci ne peut pas rétrograder à cause du cliquet qui le retient : l'état de bande du ressort se conserve donc, et le mouvement du rouage continue en vertu de cette tension qui dure toujours plus que le temps nécessaire pour le remontage.

La marche d'un régulateur doit, en général, être fixée à huit jours; ceux qui ne se remontent que tous les quinze jours ou tous les mois ne présentent pas les mêmes garanties de régularité : Les premiers mobiles, fonctionnant avec une trop grande lenteur « s'engourdissent, » suivant un terme d'atelier, c'est-à dire, éprouvent des arrêts produits par la trop longue adhérence des contacts dans les engrenages, les pivots, et les autres parties frottantes des organes.

Nous avons dit que, pour la simplification du rouage, les bons constructeurs disposaient les aiguilles sur trois petits cadrans particuliers. Voici les règles indiquées par Moynet, dans son *Traité d'horlogerie*, pour réaliser cette combinaison : La première roue, (dite *roue de cylindre*, parce qu'elle est fixée sur l'axe portant le cylindre sur lequel s'enroule la corde motrice) reçoit l'aiguille des heures, c'est-à-dire qu'elle fait un tour d'aiguille toutes les douze heures. La seconde roue porte l'aiguille des minutes, c'est-à-dire, fait un tour par heure; ou bien, douze tours toutes les douze heures. La troisième roue, (dite *petite moyenne)* sert d'intermédiaire pour fournir à la *roue des secondes* la vitesse de rotation suffisante. La quatrième, porte l'aiguille des secondes, c'est-à-dire fait soixante tours par heure ; soit 720 tours toutes les douze heures.

Par cette combinaison on réduit tout le rouage à quatre mobiles; la quatrième roue (de secondes) servant aussi de roue d'échappement. Le pendule est long d'un mètre (ou, en chiffres précis, de $0^m,9939$), et bat la seconde; il fait donc 3600 oscillations par heure. Ce pendule est toujours muni d'un appareil compensateur; quelquefois le système employé est le *gril* à neuf branches (décrit et dessiné dans nos *Études sur l'Exposition de 1867*, pag. 24, pl. 238, (fig. 13). Mais le plus souvent on fait usage du pendule *à mercure*, dont les facultés compensatrices sont les plus régulières.

Ce pendule est composé d'une tige en acier rond au bas de laquelle se trouvent reliés deux cylindres en verre remplis de mercure. La compensation résulte des dilatations différentielles de l'acier et du mercure. Lorsque la tige d'acier s'allonge, par la chaleur, cette même chaleur occasionne la dilatation (plus forte que celle de l'acier) du mercure; cela étant, le centre de gravité qui détermine les oscillations ne change pas, car la dilatation *ascendante* du

mercure *compense* l'allongement de la tige en acier produit par sa dilatation *descendante*. Pour obtenir des effets convenables, il suffit de déterminer, par expérience, la hauteur du mercure dans les cylindres en verre.

L'échappement le plus employé est l'échappement à *ancre*; quelquefois aussi, mais plus rarement, celui à *chevilles*. Tous deux ont été décrits et dessinés dans nos *Etudes sur l'Exposition de 1867* (pag. 20 et 21, pl. 238, fig. 9 et 10).

Pour les pièces d'horlogerie commune, on se contente de faire en acier les becs (ou parties frottantes) de l'ancre : Mais, ici, on les exécute en saphir, incrusté dans l'ancre; alors, les dents de la roue opèrent les *repos* et les *levées* sur une matière indestructible et polie au suprême degré. La forme donnée aux *levées* (c'est le mot générique usité pour désigner ces pièces en saphir) est de nature à procurer des repos *concentriques;* c'est-à-dire que la face sur laquelle, reposent les dents, à chaque demi oscillation, est configurée suivant un axe de cercle dont le centre est celui même du pivot de l'ancre.

Cette disposition procure un frottement de repos absolument égal, et, par suite, assure la régularité de la marche. L'emploi du saphir a un autre avantage: il permet à l'échappement de fonctionner sans huile. Voici la façon dont s'exprime à ce sujet, Kessels, éminent horloger danois : « Lorsque le régula- « teur est en marche, on répand sur un bout de ressort mince une couche « d'huile très-légère, et tout au plus de l'épaisseur d'un papier fin. Cette lame « de ressort est ensuite présentée à la pointe des dents pendant une révolution « de la roue; au bout d'une année, l'huile a disparu; mais il reste uu peu de « gras, ce qui suffit avec des repos et levées en pierres paraissant marcher à « sec. »

Nous croyons intéressant de donner, en un tableau synoptique, les nombres des roues, et les dimensions de pivots employés par Kessels dans ses régulateurs :

	Diamètres des pivots.	
Nombres des roues	Grande platine.	Platine de l'arrière.
Roue de cylindre, 146^{dents} (Grand rochet 180^{d})	2^{mill},6^{xes}	2^{mill},4^{xes}
Grande moyenne, 80 — Pignon de 10. . . .	1 ,4	1 ,2
Petite moyenne, 75 — Pignon de 10. . . .	0 ,7	0 ,7
Roue d'échappem, 30 — Pignon de 12. . . .	0 ,5	0 ,5
Ancre (à leviers très-courts, longs seulement de 12^{mill})	0 ,5	0 ,5

Cadracture. — Roue (ou aiguille) des heures portée directement par l'axe de la roue de cylindre, fonctionne sur un petit cadran inférieur, divisé en 24 heures. Roue (ou aiguille) des minutes, placée au centre du grand cadran sur lequel elle fonctionne. Ce mobile est mis en mouvement par les roues et pignons ci-après : *Roue des heures, 100 dents, — Roue intermédiaire. — Pignon de 20 dents*; *roue 48 dents. — Pignon des minutes, 10 dents.* Aiguille des secondes, fixée sur l'axe de la roue d'échappement, fonctionne sur un petit cadran supérieur, inscrit dans le grand.

Le pendule, dans les pièces ordinaires est souvent suspendu par un fil de soie : Dans les régulateurs, il est suspendu par une lame de ressort suffisamment mince pour être flexible (car cette lame est courte, ayant à peine 10 millimètres de longueur au point de flexion); le poids du pendule est compris entre 5 et 7 kilog., dans lesquels le poids de la lentille (ou du cylindre à mercure) entre pour 4 ou 6 kilog. Le poids moteur est d'un kilog. et demi environ.

Plusieurs systèmes ont été employés pour perfectionner la fourchette et son mode d'action sur le pendule. La fourchette est un organe décrit et dessiné

dans nos *Etudes sur l'Exposition de 1867* (pag. 5, fig. 1, lettres U X). Elle est fixée sur l'axe de l'ancre ; elle détermine les oscillations de l'ancre par sa liaison avec le pendule auquel elle communique l'action alternative fournie par chaque *levée*.

Voici la combinaison employée par Kessels, dans le double but d'obtenir une mise d'échappement très-régulière (ce qu'on appelle vulgairement la *mise d'aplomb* d'un pendule), et de supprimer tout l'*ébat* nuisible qui se produit entre la *passe* de la fourchette et la tige du pendule.

Le mécanisme est représenté en plan (fig. 3). Le cercle ombré *c* est une coupe de la tige du pendule ; *c* est une goupille d'acier qui traverse cette tige. La pièce *m n* est supportée par cette goupille et, conséquemment, par la tige même du pendule ; *m* est un contre-poids qui tend à soulever l'autre extrémité *n*. La pièce *s n'* est mobile sur la première autour de l'axe *n* qui les lie. L'écrou *g* qui n'est autre chose que l'extrémité inférieure de la fourchette est poussé à droite ou à gauche par la vis à boutons *s t t* qui fait rappel et permet ainsi de mettre le pendule d'échappement. Le mouvement de la fourchette est ainsi transmis au pendule, par les articulations *n* et *c* qui forment un ajustement exact, sans ébat, et sans aucune gêne. Par cette disposition, les pivots de la pièce d'échappement se trouvent soulagés du poids de la fourchette, ce poids étant reporté sur la tige du pendule par l'intermédiaire de la goupille *c* et du contre-poids *m*.

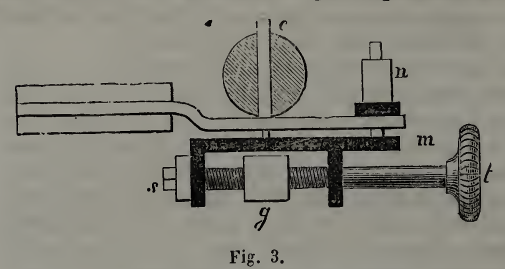


Fig. 3.

Il serait trop long d'entrer dans tous les détails que comporte la combinaison et la construction d'un régulateur, car, une fois entré dans cette voie on se perdrait dans un monde d'*infiniments petits* ayant chacun une importance mathématique. En effet, un bon régulateur doit, ce qu'on appelle « *tenir la seconde* » (c'est-a-dire de ne pas varier d'une seconde entière) pendant une période de 24 heures. Or le pendule d'un mètre *battant* 3,600 vibrations par heure, soit 86,400 par 24 heures, les variations de marche doivent donc être inférieures à $\frac{1}{86,400}$ des oscillations opérées par le pendule durant cette période de temps. On cite des pièces ayant atteint des limites d'exactitude comprises entre 0",4 et 0",6 par jour (de 24 heures).

Cette parfaite régularité de marche n'est obtenue qu'au moyen des précautions les plus minutieuses dans la construction ; ainsi, toutes les pièces du mécanisme doivent être entre elles dans un parfait rapport proportionnel ; les dentures des roues et des pignons doivent être d'une justesse extrême, leurs *arrondis* terminés et polis par des outils spéciaux suivant les profils épicycloïdes les plus parfaitement calculés ; les pivots doivent être à la fois très-durs, très-ronds, très-polis ; les trous dans lesquels roulent ces pivots doivent être bien ajustés, alésés et brunis très-exactement, garnis en pierre (saphirs ou rubis) pour les deux derniers mobiles, c'est-à-dire l'ancre et la roue d'échappement. En un mot, chaque partie du mécanisme doit être combinée et exécutée avec toute la perfection dont est capable l'industrie humaine.

La même supériorité d'exécution est également obligatoire dans les pendules astronomiques dites *sidérales*, c'est-à-dire destinées à suivre la marche des étoiles. Seulement, il y a lieu de modifier le réglage, attendu que le jour

sidéral est plus court que le jour solaire, de 3′,55″,$^9/_{10}$, Cette accélération correspond à 9″,$^{83}/_{10}$ pour une heure, soit 0″,$^{16}/_{10}$ pour une minute.

Notons enfin, que les astronomes considèrent le jour (solaire ou sidéral) comme composé de 24 heures, sans interruption. Ils commencent donc à compter à partir de midi, et continuent ainsi jusqu'au lendemain à midi; 6 heures *du matin* sont dénommées, par eux, la 18e heure, et ainsi de suite.

II. — Les chronomètres.

Déterminer les longitudes en mer, au moyen d'une horloge bien réglée, était au siècle dernier, un problème non résolu, mais dont l'importance préoccupait tout l'univers civilisé. Philippe III, roi d'Espagne proposa en 1598, une récompense de 1,000 couronnes à celui qui produirait un « *Garde-Temps* » capable de déterminer les longitudes en mer. Les Etats de Hollande, peu après, offrirent 100,000 florins. Sous la reine Anne, le Parlement anglais vota un 1er prix de 20,000 livres sterlings pour celui qui trouverait le moyen de déterminer les longitudes à un *demi-degré* près, au bout de 42 jours de traversée, c'est-à-dire dont l'instrument ne présenterait pas une erreur supérieure à 2 minutes, pendant ce laps de temps, soit 2″,$^9/_{10}$ par jour; un second prix de 15,000 livres pour une approximation de *deux tiers* de degré, soit une variation de 2′,40″ par jour; un troisième prix de 10,000 livres pour une approximation d'*un degré*, soit une variation diurne de 4 minutes. En 1716, le régent de Farnce promit, dans le même but, un prix de 100,000 fr.

Ce problème a été résolu, en France par l'illustre P. Leroy; en Angleterre, par Harrisson; depuis lors la fabrication des chronomètres est devenue une science réglée, mais abordable seulement par quelques artistes d'élite. Des concours trimestriels établis, en France, par la loi de 1857, ont donné une vive impulsion à cette branche supérieure de l'horlogerie : Tout chronomètre dont les variations n'ont pas excédé TROIS SECONDES, pendant une épreuve de trois mois, est déclaré admissible, et acheté par l'Etat, au prix de 2,000 fr. En outre, le chronomètre, qui a obtenu le premier rang et s'est maintenu dans une limite d'exactitude ne dépassant point DEUX SECONDES ET DEMIE reçoit une prime de 1,200 fr.

Voici, en deux mots, le résultat obtenu par la détermination des longitudes en mer : Il indique les distances parcourues par un vaisseau depuis qu'il a quitté son point de départ. La longitude géographique d'un lieu est l'arc de l'équateur mesurant l'angle formé par le méridien (l'heure de midi) de ce lieu, avec celui du point de départ; ou, en d'autres termes, la différence des heures simultanément observées au méridien du départ et à celui d'arrivée. Le méridien se détermine facilement, au lieu d'arrivée, par des observations astronomiques; or, si l'on possède un moyen sûr de connaître, au même instant le méridien du lieu de départ, la longitude du lieu d'arrivée se déduit immédiatement de la différence des heures.

Un chronomètre bien réglé est donc l'ami tutélaire, le guide fidèle qui apprend au marin le lieu où il se trouve dans l'immensité des mers.

Nous allons traiter des *montres marines*, c'est-à-dire des chronomètres de grand format; les mêmes détails seront applicables aux instruments des plus petites dimensions.

Nous sommes, tout d'abord, en présence d'un rouage analogue à celui décrit et dessiné dans nos *Études sur l'Exposition de 1867* (pag. 9, fig. 4, 5 et 7). La force motrice est fournie par un ressort. La question est encore pendante sur

le point de savoir si le barillet et la *fusée* sont préférables au barillet *seul* muni d'une denture. Nous avons expliqué la théorie de la *fusée*, dans l'ouvrage précité (pag. 10). Sans entrer dans la discussion, nous dirons qu'au moyen de ressorts très-longs, c'est-à-dire enfermés dans de grands barillets dentés, on a obtenu de bons résultats et des marches aussi régulières qu'avec le correctif de la fusée. Cependant il faut reconnaître que la grande majorité des constructeurs de chronomètres, en France, en Angleterre et en Suisse font constamment emploi de la fusée.

Comme nous l'avons expliqué pour les régulateurs, on a simplifié autant que possible le rouage des chronomètres. Dans le grand cadran, qui est spécial à l'aiguille des minutes, sont inscrits deux petits cadrans : celui qui est entre VI heures et le centre est le cadran des heures; celui qui est entre XII heures et le centre est le cadran des secondes.

Voici les nombres usités pour ces rouages soignés :

Chronomètres à fusée :

Roue de fusée (crochet de remontoir de 120 dents). .	84dents	Pignons.
Grande moyenne	80	12dents
Petite moyenne (portant l'aiguille des minutes) . . .	75	10
Roue de secondes (dite aussi trotteuse)	30	10
Roue d'échappement	15	10

Chronomètres à barillet denté :

Barillet denté.	112dents	Pignons.
Grande moyenne.	96	14dents
Petite moyenne (minutes).	90	12
Roue des secondes.	96	12
Roue d'échappement.	15	12

Les nombres ci-dessus fournissent 14,400 vibrations à l'heure.

Généralement on fait battre aux pièces destinées à être portées dans la poche 18,000 ou 16,000 vibrations à l'heure; mais pour le chronomètre de marine on adopte le chiffre de 14,400, ce qui, avec l'échappement à détente, produit pour oreille le battement net de la demi-seconde. Il en résulte, notamment, une grande facilité de numération pendant les observations scientifiques.

Nous venons de nommer l'échappement à détente : c'est assurément le meilleur et le plus universellement employé dans la chronométrie; sa description sera intéressante. Il est de la classe des échappements *libres*, ainsi nommés parce que, sauf le moment d'impulsion, le balancier accomplit *librement* ses vibrations sans aucun contact étranger. Le mécanisme, vu en plan, se compose des pièces suivantes (fig. 4). L'axe du balancier *d* porte un plateau *gg'* à la circonférence duquel est fixée une *levée g* (ou pièce d'impulsion), le même axe porte encore contigu au premier, un autre petit plateau *d* muni d'un *doigt de dégagement i*.

R est la roue d'échappement.

T *m* T' est la détente sur laquelle est fixé *repos m*. Disons tout de suite que ce *repos* (en saphir poli) est une sorte de cheville en forme à peu près prismatique, sur laquelle vient *reposer* la dent de la roue d'échappement après avoir donné l'impulsion au balancier. La détente porte, en outre, un petit ressort *i s*, dit « *pied-de-biche* ».

Voici les fonctions de ces divers organes : prenons les choses au point où les représente la figure.

Le balancier tourne dans le sens indiqué par la flèche ; le *doigt de dégagement i* est sur le point d'accrocher le bout du ressort pied-de-biche *is,* qui s'appuie sur le bout recourbé T de la détente. Le doigt de dégagement atteint le pied-de-biche et entraîne avec lui la détente qui fléchit sur son talon-ressort T′ ; à ce moment, le *repos m* a reculé avec la détente, et la dent qui était en arrêt sur ledit repos, devient libre de progresser, dans le sens indiqué par la flèche. Simultanément la *levée g* a tourné avec le balancier ; elle est venue se placer devant la dent *l* de la roue d'échappement, et comme, au même instant la roue se met à tourner, la dent *l* donne l'impulsion à la levée *g*.

Mais, le *doigt de dégagement i* n'a entraîné qu'en passant le bout du pied-de-biche, et au bout d'un millième de seconde l'a laissé échapper ; alors la dent R est arrivée sur le *repos m* qui l'a arrêtée dans sa course. Tout est donc revenu en l'état primitif ; tout sera prêt pour une nouvelle impulsion.

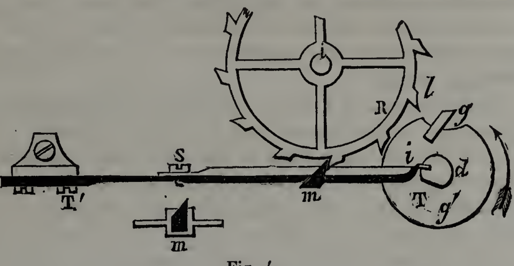


Fig. 4.

Cependant, le balancier (complétement libre) accomplit sa vibration dans le sens où l'a poussé la dent de la roue d'échappement. Lorsque, sollicité par l'élasticité du spiral, il fait sa vibration de retour le *doigt de dégagement il* accroche de nouveau le *pied-de-biche*, mais cette fois rien ne bouge ; le petit ressort fléchit, laisse passer le *doigt*, retombe à sa place, et au retour de cette vibration se reproduisent les fonctions que l'on vient d'analyser.

On le voit, le balancier vibre en liberté complète sur ses pivots, actionné par le spiral, sauf l'instant rapide comme un éclair, où s'opèrent le dégagement et l'impulsion.

Diverses dispositions, inutiles à décrire, assurent le bon fonctionnement des organes dont nous venons de parler ; le degré de pénétration des dents de la roue, soit sur le repos, soit sur la levée ; les diamètres proportionnels des deux plateaux et de la roue ; l'emplacement du repos sur la longueur de la détente : tous ces points et beaucoup d'autres, sont soumis à des règles mathématiques les unes consacrées par la théorie et la pratique, les autres encore étudiées et pour ainsi dire à l'essai, mais toutes basées sur un principe uniforme : *l'absolue perfection du travail et des proportions générales.*

Un autre système de détente est fort employée, il est de création moderne : on l'appelle détente *à pivots,* par opposition à celui qui vient d'être décrit, et qu'on appelle détente *à ressort.* — Cette dernière est ainsi nommée parce qu'elle opère ses mouvements par la *flexion* de sa partie amincie en *ressort* près du point d'attache T′.

La détente *à pivots* est une pièce analogue qui, montée sur un petit axe transversal à sa longueur, opère ses mouvements sur les *pivots* dudit axe ; un petit ressort plié en spiral sert à la ramener en sa position lorsque le doigt *i* du petit plateau l'a entraînée pour opérer le dégagement. Du reste, les fonctions sont absolument les mêmes pour le reste de l'échappement.

Les chronomètres devant fournir, sans être remontés, une marche d'au moins 50 heures, doivent être pourvus d'une force motrice très-ample et aussi uniforme que possible. Pour cela on les munit de barillets fort grands, très-hauts, capables de contenir des ressorts relativement longs et larges : cette double qualité donne des ressorts très-liants, nerveux (parce que leur largeur

permet de les tenir un peu minces, à force égale) et produisant un assez grand développement pour qu'une marche de 50 heures soit obtenue en utilisant seulement les tours de tension intermédiaires. — C'est-à-dire que si un ressort exige 15 tours de clef pour être complétement armé, on arrive à n'utiliser que la tension comprise entre le 3e et le 12e tour.

Inutile de dire que les trous dans lesquels roulent les pivots des derniers mobiles (roue de secondes, roue d'échappement, balancier) doivent être en pierres précieuses, en saphir, de préférence.

Remarquons, en passant, que l'emploi des trous en pierre doit être limité aux mobiles animés d'un mouvement rapide mais mûs par une force minime. En effet, l'expérience a démontré que les parois des trous en pierre s'altéraient, sous des pressions un peu fortes, bien plus vite que celle des trous en cuivre. C'est pourquoi l'usage des pierres précieuses a été limité à certaines parties de ces mécanismes où, assurément la question d'économie n'était considérée en aucune façon.

Nous arrivons à l'article spécial de la chronométrie : le *balancier* et son *spiral*. Un échappement ayant pour fonctions de ralenlir en la régularisant, la marche du rouage, on comprend qu'elle doit être la précision des mouvements alternatifs par lesquels agit le régulateur, c'est-à-dire le *balancier*. Or, plusieurs causes viennent altérer cette régularité; les unes sont connues : ce sont les variations force motrice, les modifications de l'état des huiles, les imperfections des engrenages, les agitations quelconques imprimées à l'instrument, les vicissitudes thermométriques ou hygrométriques de l'atmosphère, les influences électriques ou magnétiques; les autres (mais en petit nombre, probablement), sont inconnues. Il s'agit donc de douer le balancier et son spiral de qualités telles que la précision infinitésimale de ses oscillations reste à l'abri de toutes ces causes d'irrégularité.

Longtemps les meilleurs artistes et les plus savants ont erré autour de ce délicat problème sans en trouver la solution. Le premier, P. Leroy, a dégagé une *inconnue* des plus capitales; il a créé mathématiquement et pratiquement la théorie de l'*Isochronisme* du *spiral*.

Expliquons ces derniers mots : l'Isochronisme d'un ressort ou de tout corps oscillant est le fait d'accomplir ses vibrations, *grandes* ou *petites* dans des *temps égaux*. P. Leroy remarqua qu'un spiral d'une certaine longueur étant mis en action, les grandes oscillations du balancier auquel il était fixé, étaient plus lentes que les *petites*. Ayant diminué la longueur du spiral, il constata que ces grandes oscilliations s'opéraient plus rapidement; le spiral ayant été encore raccourci, il trouva une égalité parfaite entre la durée des grandes et des petites oscillations; enfin, après avoir raccourci de nouveau le spiral, il reconnut que les grandes oscillations étaient devenues plus rapides que les petites:

Dès lors, il était fondé à conclure, que, *dans tout spiral suffisamment long, il existe une certaine longueur pour laquelle les oscillations grandes et petites sont isochromes.*

Tel est le principe posé par P. Leroy.

Avant d'aller plus loin, quelques mots sur les diverses formes du spiral. Comme son nom l'indique, la forme première du spiral a été son enroulement en spires régulières sur un plan droit; on l'emploie ainsi dans toutes les montres ordinaires. Cette forme *plane* présente, au point de vue de l'isochronisme, ce défaut capital que des spiraux semblables ne peuvent jamais être assez longs pour posséder le *point isochrone;* ils rendent les grandes vibrations plus rapides que les petites. Vainement on a essayé de leur donner la longueur suffisante; l'écartement progressif des spires a amené à des dimensions trop considérables en diamètre total : on n'avait plus que des spiraux tremblottants, incapables de

supporter la forme plane; en outre, dans les grandes vibrations, les spires venaient à se heurter, une bonne marche devenait impossible.

Cependant, Bréguet avait essayé de corriger ces imperfections en ramenant vers le centre, par une courbe rapide, la dernière spire extérieure. Mais la correction n'était pas suffisante. — Néanmoins il y a eu progrès; tellement qu'aujourd'hui, dans la belle horlogerie à l'usage civil, on n'emploie que ce genre de spiraux dits « *Bréguet* » ou « *Coudés* », ou « *à courbe ramenée* ».

La forme *sphérique* (les spires enroulées sur un moule rond comme une boule), la forme *conique* (les spires enroulées sur un moule cône ou en forme d'entonnoir), ont été essayées, avec beaucoup de succès, par des artistes d'un grand mérite; mais les difficultés d'exécution ont arrêté les constructeurs. La forme *cylindrique* du « ressort à boudin » (les spires enroulées sur un cylindre), est la plus universellement adoptée; elle est facile à exécuter et donne des résultats sûrs.

L'usage des « courbes ramenées, » a été dès l'origine, reconnu utile pour le réglage des spiraux. Ce procédé consiste à replier les extrémités d'un spiral en courbes visant au centre, et conformées sur des arcs diminuant progressivement de rayon. Jusqu'à ce jour les horlogers avaient procédé par voie de tâtonnement, faisant un peu au hasard, leurs courbes « terminales ».

Mais, il y a peu d'années, un savant ingénieur des mines, M. Philips, a publié un très-important travail sur la théorie du spiral. A la suite de calculs, qui ont pleinement justifié les expériences pratiques, M. Philips a établi une série de formules appartenant aux mathématiques transcendantes, et desquelles dérivent plusieurs axiomes essentiels, dont les deux principaux sont les suivants :

1° L'isochronisme du spiral se produit en le terminant par des courbes extrêmes (terminales), de telle façon que, dans ses déformations élastiques, le spiral s'ouvre et se ferme bien *concentriquement à l'axe*, et que, de plus, le centre de gravité du spiral entier soit sur l'axe du balancier. Comme complément de cet axiome, M. Philips a donné des tracés graphiques de courbes extrêmes, propres à produire l'isochronisme.

2° La durée des vibrations du balancier est proportionnelle à la racine carrée de la longueur du spiral.

Quoique les travaux, vraiment méritoires, des savants et des praticiens aient fait faire de grands pas à l'art chronométrique, le réglage du spiral n'en est pas moins resté une des difficultés majeures, parmi celles qu'on rencontre à tout instant dans la construction des chronomètres. On est encore dans l'incertain et l'inconnu, en ce qui concerne le travail et les transformations moléculaires du métal composant le spiral; les vicissitudes que lui font subir l'hygrométrie, la thermométrie et l'état magnétique de l'atmosphère; les influences produites par les trépidations du navire, et plusieurs autres points dignes d'étude.

Pour faciliter l'intelligence des détails qui précèdent, nous donnons (fig. 5), le croquis d'un spiral cylindrique, vue en plan et en élévation A; le dessin le représente de grandeur naturelle, tel qu'on l'emploie ordinairement dans les grands chronomètres de marine. Nous donnons aussi deux tracés (amplifiés) de courbes terminales B conformes aux indications de M. Philips. Les spiraux se font usuellement en acier; leur confection et leur trempe doivent être l'objet de soins tout particuliers que nous décrivons à l'article de l'*outillage et des procédés de fabrication*. On les fait aussi en or allié (17 ou 18 carats); cet alliage, bien écroui, possède autant d'élasticité que l'acier.

Nous avons dit que le *balancier* était, avec le spiral, l'organe le plus essentiel d'un chronomètre. En effet, chaque oscillation déterminant la marche inter-

mittente de l'échappement, voit sa durée fixée par les actions combinées de l'élasticité du spiral et de la pesanteur ou puissance réglante) du balancier.

Ici doivent être notés quelques principes essentiels. La *puissante réglante* d'un balancier se mesure par sa masse ou son poids à la circonférence multiplié par le carré de la vitesse.

Le poids qui agit utilement dans un balancier est celui qui est placé loin du centre, voilà pourquoi on a soin de ménager une *serge* b, b, (fig. 6), la plus épaisse possible, et même de la charger de *masses* m, m, et de vis (e, r,), Par une raison identique on diminue autant que possible les dimensions du *noyau* A et des *croisillons* ou *barettes* c, c, pour obtenir la plus grande légèreté. La vitesse se mesure par l'espace que parcourt, en un temps donné, un point de la circonférence du balancier.

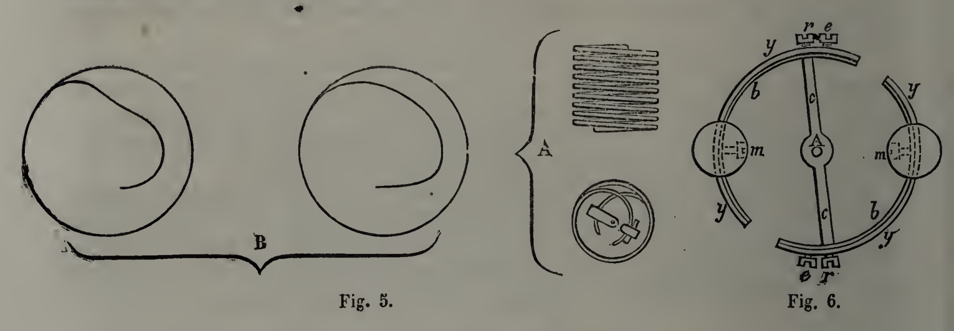


Fig. 5. Fig. 6.

De ce qui précède découlent les axiomes suivants :

Si, toutes choses d'ailleurs égales, on augmente le diamètre d'un balancier, sa puissante réglante augmentera d'autant. — Les grands balanciers sont donc préférables aux petits. Si deux balanciers, également pesants et marchant d'une égale vitesse à la circonférence, ont des grandeurs inégales, leur puissance réglante sera la même; mais le grand balancier aura l'avantage d'être exposé à moins de frottements, puisque son mouvement angulaire sera moindre. En effet, l'arc de ce dernier, mesuré à sa circonférence, correspondra (à égalité d'espace parcouru) à un moindre nombre de degrés que l'arc décrit par ce petit balancier.

Il vaut mieux employer un balancier le plus grand possible et relativement léger, faisant des vibrations promptes, qu'un grand balancier pesant, et faisant des vibrations lentes.

Le diamètre d'un balancier étant donné, avec le nombre de vibrations qu'il doit faire en même temps, il vaut mieux lui faire parcourir de grands arcs, en le tenant moins pesant, que d'augmenter la masse aux dépens de la vitesse.

Si deux balanciers sont de même puissance, leurs poids seront en raison inverse du carré des vitesses.

Si deux balanciers sont de poids égaux mais de vitesse inégales, leurs puissances seront dans le même rapport que les carrés de leurs vitesses.

Si les vitesses sont égales, les puissances seront dans les mêmes rapports que les poids. Si les poids et les vitesses sont inégales, les puissances seront dans le rapport de ces poids multipliés par le carré des vitesses.

A l'aide des principes qui viennent d'être exposés, lorsqu'on connaîtra le *poids* d'un balancier, son *diamètre*, sa *vitesse*, la *force* qui entretient son mouvement, on pourra en déduire les conditions nouvelles requises pour tout autre balancier différent de poids, de diamètre, de vitesse, et animé d'une force différente.

Il ne saurait avoir pour tout balancier un poids et une grandeur uniformes, car ces deux éléments sont déterminés par plusieurs lois proportionnelles dérivant de la force motrice, des dimensions de l'engrenage, du nombre des vibrations que doit battre le balancier, de la nature de l'échappement, et de plusieurs autres données également variables. La détermination du poids et du diamètre du balancier, par rapport à un rouage et un échappement donnés, a donc toujours été (et est encore) l'objet de recherches plus ou moins incertaines.

Aux époques antérieures, à l'échappement à cylindre, à ancre et autres modernes, c'est-à-dire lorsqu'on ne faisait usage que de l'échappement à *palettes*, on avait trouvé, par les tâtonnements à l'expérimentation, un moyen pratique de résoudre approximativement ce problème. Comme l'échappement à palettes (ou à roue de rencontre) peut fonctionner sans spiral, on réglait les dimensions du balancier, de manière à lui faire « *tirer* » 26 ou 27 minutes par heure. Ce qui, en langage d'horlogerie, voulait dire qu'alors la montre retardait de 33 à 34 minutes par heure.

Il n'y avait là-dedans ni calcul, ni raisonnement, mais une sorte d'instinct pratique, que des études plus modernes ont reconnu exact. Mais, ce procédé, toujours un peu équivoque, laissait subsister une confusion entre le poids et le diamètre, dont ni l'un ni l'autre n'était déterminé séparément.

Les travaux tout récents de M. Saunier sont venus jeter une lumière bien intéressante sur cette question. Nous présentons ci-après, quelques extraits de son *grand traité d'horlogerie moderne.*

« Partons d'un principe qui nous paraît devoir se passer de démonstration. Tous les mouvements qui s'accomplissent dans la nature sont réglés par des lois qui, réunies en corps, constituent la mécanique rationnelle. Elles nous démontrent que ces mouvements ne peuvent dépasser certaines vitesses, efforts ou pressions, sans engendrer des causes de perturbation. Mais malheureusement beaucoup de ces causes échappent à nos moyens d'investigations.

Si nous ne pouvons pas toujours les apprécier, au moins pouvons nous en constater les effets : Ainsi, un pendule placé sous la dépendance d'une force telle, qu'elle lui fasse accomplir un nombre d'oscillations différent de celui qu'indiquent les tables géométriques pour sa longueur virtuelle, perd la régularité de ses mouvements, c'est-à-dire fait des écarts constamment, ou des intervalles irréguliers. Il en est de même du balancier annulaire dont les dimensions s'éloignent trop de certaines proportions connues.

Tous les horlogers savent fort bien qu'il a fallu dans un grand nombre de cas, remplacer un balancier par un autre plus grand ou plus petit, pour faire cesser ou atténuer des irrégularités qu'aucun autre moyen n'avait pu faire disparaître. L'*Encyclopédie* rapporte ce fait, que lorsqu'on faisait battre 20,000 vibrations par heure aux montres du temps, il devenait impossible de les régler. Aujourd'hui, il en est de même lorsqu'on s'éloigne beaucoup des modèles que l'expérience a consacrés.

Nous laissons à la science pure à chercher et trouver l'explication de ces faits; pour nous, ils démontrent que le maximum de régularité d'un mouvement atternatif du rayon de giration d'une masse, est lié à un rapport (à déterminer) entre la *longueur* de ce rayon, et le *nombre de battements* qu'il accomplira dans un temps donné.

Partant d'un modèle éprouvé et d'un nombre d'oscillations déterminées, on sait qu'on peut calculer les dimensions de tout autre balancier pour tout autre nombre d'oscillations dans le même temps; et, puisque les mêmes lois régissent les mouvements du pendule et du balancier nous en tirerons cette conséquence, à coup sûr, curieuse que si nous parvenons à déterminer à quelle longueur le pendule réalise les conditions exigées du balancier annulaire, nous aurons, du

même coup, établi la loi de la croissance et de la décroissance du balancier et trouvé l'échelle de sa mesure dans la table des longueurs du pendule simple.

Considérons le petit pendule simple battant à l'heure 29,343 vibrations, d'après les tables, et remarquons que ce chiffre n'est exact que lorsque l'oscillation est fort petite. Aussitôt qu'elle prend de l'étendue elle demande plus de temps pour s'accomplir. De là, un retard de plus en plus considérable à mesure que l'arc d'oscillation augmente. Supposons-la de 270 degrés. D'après la formule donnée par Poisson dans son *Traité de mécanique*, ce retard, dans le cas qui nous occupe, serait en 24 heures, de 42,400 secondes sur 86,400 ; soit une perte qui ferait que le nombre vrai des oscillations par heure serait au nombre des tables comme 424 est à 864. Donc ce petit pendule long de 0,0148, ne battrait en réalité que 14,400 vibrations à l'heure. Ce petit pendule présentera une assez grande insensibilité à la translation, mais à la condition qu'il soit maintenu dans la position verticale. Si nous voulons le rendre apte à supporter également les changements quelconques de positions, prolongeons la tige d'autant au-dessus du point de suspension qu'elle l'est au-dessous, et partageons la masse lenticulaire aux deux extrémités.

En cet état, si nous faisons agir sur l'axe une force élastique qui la ramène à la position dont la force motrice l'écarte (comme faisait la pesanteur), nous aurons réalisé le balancier annulaire qui, pour un nombre d'oscillations déterminé, nous offrira les plus sûres garanties de réglage, puisqu'il possède, plus que tout autre, comme inertie et comme vitesse, les qualités propres à annuler les perturbations que le transport pourrait apporter à la régularité de sa marche ; en outre, nous avons l'avantage de rencontrer dans le spiral une puissance que nous pouvons, dans une certaine mesure, modifier selon les besoins.

Nous conclurons de ces expériences que pour une même amplitude d'arc de mouvement et un même nombre d'oscillations dans le même temps, le rayon de giration du balancier annulaire est égal à la longueur du pendule simple qui bat se nombre et parcourt cet arc.

Sur cette donnée nous avons calculé le tableau suivant pour un arc moyen de 270°.

PENDULE longueur.	VIBRATIONS par heure.	BALANCIER diamètre.	VIBRATIONS par seconde.
mill.		mill.	
239.0	3600	478.0	1
60.0	7200	120.0	2
26.5	10800	53.0	3
14.8	14400	29.6	4
9.6	18000	19.2	5
6.6	21600	13.2	6

Les relevés des proportions des chronomètres de bord et de poche qui ont fourni de belles marches, donneront la preuve que nous apportons la véritable règle, le point de départ théorique de la détermination du diamètre des balanciers annulaires.

Il faut bien remarquer que ce tableau donne le diamètre de giration d'un balancier qui ne subit aucune résistance de nature à ralentir son mouvement ; que ce diamètre est un maximum. De même que la longueur du pendule *simple* doit être diminuée lorsqu'il devient *matériel* et qu'il est monté sur pivots, parce qu'alors il retarde, on a dû pressentir que, dans l'application, le diamètre théorique du balancier doit diminuer en raison des causes de retard qui varient d'un échappement à l'autre.

Si la théorie du balancier est aujourd'hui élucidée d'une façon à peu près certaine en ce qui concerne la détermination du *diamètre*, il n'en est pas ainsi pour son *poids;* ce dernier élément est resté et restera dans le vague, car trois données proportionnelles doivent forcément concourir au calcul du *poids* savoir :

Le diamètre (issu du nombre de vibrations).

La puissance du spiral.

La force motrice.

De là, la conclusion qu'il n'y a pas absolument parlant un *poids* théorique déterminé pour tel balancier donné, mais bien un poids proportionnel aux éléments ci-dessus énoncés. En d'autres termes, si, par exemple on veut savoir le *poids* que devra avoir un balancier au diamètre de 29,6 millim. faisant 14,400 vibrations par heure, décrivant des arcs de 360 degrés, muni d'un spiral réagissant avec une force élastique égale à 10 centigrammes, et actionné par une force motrice égale à 25 centigrammes, on devra essayer ces balanciers de divers poids jusqu'à ce que l'on ait rencontré celui qui agit dans les conditions voulues.

Les dimensions usuellement adoptées dans des pièces ayant fourni de belles marches se renferment dans les limites suivantes :

Diamètre.	de	18 mill.	à	30 mill.
Poids.	de	2 gr.	à	9 gr.
Arcs d'oscillations.	de	350 degrés	à	400 deg.
Vibrations par heure.	de	18,000	à	14,400

La puissance du *spiral* et de la *force motrice*, dans la pratique, sont les deux éléments que l'on recherche par le tâtonnement, car, ainsi qu'on va le voir, l'établissement d'un balancier est une œuvre aussi délicate que difficile, et qu'on se dispense autant que possible de recommencer.

Une fois de bonnes proportions acquises à tout l'échappement, il reste encore à mettre le balancier en état de *compenser* les causes de variations provenant soit de l'état atmosphérique, soit d'autres circonstances que nous allons examiner :

1° Le ralentissement de marche par l'effet de la chaleur sur la masse du balancier, qui, se dilatant, et devenant plus éloignée du centre de mouvement, agit comme si elle devenait plus pesante; 2° ralentissement par l'effet de la chaleur qui allonge le spiral, et le rend par conséquent plus faible; 3° ralentissement par l'effet de la chaleur sur la substance même du spiral qui devient ainsi moins rigide et plus flexible; 4° accélération par l'effet de la chaleur sur les huiles, aux pivots du rouage ou du balancier.

Ces quatre éléments de variation agissent en sens inverse par l'effet du froid.

Leur correction ou *compensation* s'opère en utilisant les *dilatations inégales* de deux métaux (soit le cuivre et l'acier) ainsi qu'on va le voir (fig. 6). La *serge* *b*, *b*, du balancier *b*, *m*, *b*, *m*, est composée de deux cercles concentriques soudés ensemble : le cercle intérieur *b*, *b*, est en acier, il est d'une seule pièce avec les *barettes* *c*, *c*, et le *centre* A, qui servent à le fixer sur l'axe; le cercle extérieur *y*, *y*, *y*, *y*, est en cuivre (allié de façon à être doué de la plus grande dilatation possible).

Les effets produits par cette construction sont les suivants : lorsque la chaleur de la température augmente, le *cuivre*, qui se dilate plus amplement que l'acier, produit sur la serge une déformation dont le résultat est de faire *infléchir vers le centre* chacune des deux sections de la serge, qui est comme on le voit, coupée à deux points symétriques de sa circonférence. Dès lors, la masse de la serge se rapprochant de l'axe, le rayon de giration diminue, il en résulte accé-

lération du mouvement, exactement connue si on avait subtitué un balancier *plus petit* au balancier primitif.

De là résulte une *compensation* des effets de la chaleur; son influence qui tendait à *agrandir* la masse du balancier, concourt à la *rétrécir* par suite de l'ingénieux artifice qu'on vient d'expliquer.

Pour arriver à proportionner les résultats aux causes, on adapte sur chaque segment de la serge une *masse réglante m, m*. Ces masses se placent, chacune plus ou moins près de l'extrémité coupée du segment, (en des points indiqués par le tâtonnement) de façon à ce que leur poids, joint à celui de la serge, arrive à *compenser* les variations occasionnées par les diverses causes énumérées ci-dessus. Inutile de dire que le fonctionnement est identique, en sens inverse sous l'action du froid.

Dans la même fig. 6, les vis *e*, *r*, *e*, *r*, sont à remarquer: elles servent à régler la marche *absolue* du balancier; c'est-à-dire à assurer le nombre *exact* de ses vibrations par heure. Pour cela, on *enfonce* ou *ressort* (on *visse* ou *dévisse*) ces vis suivant le besoin; cette opération *diminue* ou *augmente* le diamètre de giration et produit ainsi une *accélération* ou un *retard* utiles pour le réglage.

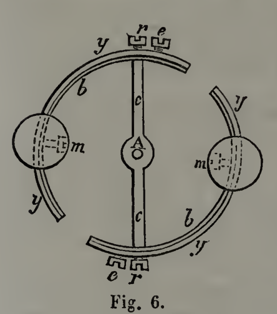


Fig. 6.

Dans les montres à l'usage civil on emploie, pour faire l'*avance* ou le *retard*, un organe nommé *raquette*, muni de deux petites *goupilles* entre lesquelles oscille le spiral et qui *limitent* ses oscillations; la raquette est fixée concentriquement à l'axe du balancier et par conséquent au centre du spiral. En la faisant tourner dans un sens qui *éloigne* les *goupilles* du point d'attache du spiral, l'action des goupilles produit un effet analogue au *raccourcissement* du spiral, il en résulte *avance;* si on fait tourner la raquette en sens inverse, c'est-à-dire en rapprochant les goupilles du point d'attache du spiral, il se produit un effet analogue à l'*allongement* du spiral, et de là un *retard.*

Pour bien comprendre ce qui précède, il suffira de regarder une montre, ouverte : la raquette est très-facile à observer étant placée, bien en vue, sur le pont du balancier.

Dans les chronomètres on ne saurait faire usage de la raquette, par la raison qu'une fois l'isochronisme du spiral trouvé, il ne faut plus le soumettre à aucune modification, sous peine de voir s'évanouir un résultat si important et si délicat à obtenir. Le réglage s'y fait donc par les vis *e*, *r*, *e*, *r*, dont on a parlé plus haut. Le balancicr doit être dans un état de parfait équilibre en toutes ses parties, de façon à ce que, quelque soit la position inclinée ou renversée dans laquelle pourra se trouver le chronomètre, la pesanteur inégale de tel ou tel point ne vienne pas se joindre à l'action du spiral et en contrarier le fonctionnement régulier. Quoique construits et réglés avec les précautions minutieuses que l'on vient d'indiquer, les chronomètres ne sauraient échapper à une cause de variation que l'on va signaler.

Les pivots du balancier et ceux du rouage en général, éprouvent des frottements beaucoup plus considérables lorsqu'ils se trouvent placés en position horizontale que lorsqu'ils sont en position verticale : en effet, le poids et le frottement, dans la situation horizontale, s'exercent sur les parois longitudinales de *deux* pivots et cela sur des surfaces égales à *deux* demi-circonférences; au contraire, dans la situation verticale, le poids et le frottement ne s'exercent que sur l'extrémité d'un *seul* pivot, laquelle extrémité, pour le balancier, repose *par bout* sur un contre-pivot (plaque de soutien) en saphir poli.

Pour des pivots de 0,00009 *(neuf centièmes de millimètre)* de diamètre, la circonférence = 0,00028 *(centièmes)*; l'aire du bout du pivot = 0,000062 *(millièmes de* ᵐ/ₘ*)*. Le frottement, en position horizontale, sera donc égal à 0,00028, tandis qu'en position verticale il ne sera que de 0,000062.

La différence est donc comme *62* est à *280*, et son résultat inévitable est d'occasionner des variations sensibles dans la marche du balancier, d'autant plus que cet organe est relativement lourd, dans les chronomètres; il pèse de trois à quatre grammes. (Celui des montres ordinaires pèse environ 30 à 40 centigrammes).

Pour soustraire les chronomètres à cette nuisible influence, on les munit d'une suspension qui les maintient dans une position toujours à peu près la même ainsi que nous le verrons tout-à-l'heure.

Il sera sans doute intéressant pour les lecteurs d'avoir sous les yeux les détails les plus importants, et la vue d'ensemble d'un chronomètre, suivant le format généralement adopté pour la marine. Nous donnons, dans une série de figures spéciales, le dessin d'un instrument de ce genre, composé par M. Robert Henry (d'illustre mémoire) et qui a obtenu de beaux succès, soit aux concours chronométriques, soit à la Société nationale d'encouragement.

Le chronomètre est enfermé dans une boîte en acajou de forme carrée; le courvercle à charnières se relève, soit pour voir l'heure, soit pour le remontage du ressort. Souvent une lunette, munie d'une forte glace, est ménagée dans le couvercle; alors on a l'avantage de pouvoir lire l'heure sans ouvrir.

Contrairement à l'habitude usuelle qui installe les pendules et horloges dans une position *verticale*, les cadrans d'un chronomètre se présentent *horizontalement* à la vue. Cette disposition a pour résultat de mettre tous les axes du mouvement (le balancier surtout) dans la position *verticale*; — celle où les frottements sont les plus réduits.

Le mouvement enfermé d'une façon hermétique dans une boîte en cuivre, est suspendu par des pivots au centre de deux cercles concentriques, reliés par des pivots également, et formant un assemblage de CARDAN, c'est-à-dire que le mouvement, ainsi établi en équilibre sur sa suspension, conservera toujours sa position horizontale, quels que soient les inclinaisons et les balancements que l'on imprimera à la boîte extérieure.

Par là, on assure la régularité de la marche, en maintenant le mouvement dans une position qui est la plus favorable puisqu'elle amoindrit les frottements. — Or, nous avons vu précédemment les différences considérables qui existent à cet égard, entre la position verticale et la position horizontale des pivots. Les cadrans sont dessinés et divisés avec la plus complète précision, sur une plaque en cuivre argenté. Une glace solide les protège. — Aucun organe n'est disposé pour la mise à l'heure. Une fois mis en marche un chronomètre ne doit plus s'arrêter; l'heure indiquée par lui ne doit plus être changée; en un mot, sorti des mains de son constructeur, ce noble instrument ne doit être touché par aucune main profane; il suit sa voie, seul, sans guide, sans correction; sa régularité, connue d'avance est la plus sûre des garanties.

Si l'observateur qui en fait usage croit avoir constaté une variation, il la note, et quotidiennement *relève* l'heure par comparaison, en lui faisant une addition ou une soustraction égale au chiffre de la variation signalée. C'est ce qu'on appelle *établir le régime* d'un chronomètre, au moyen de *feuilles de marche*, ainsi que nous le verrons plus loin à l'article du *réglage*.

Revenons à la description des organes intérieurs. En enlevant le mouvement de la boîte, on voit le barillet moteur, sous son pont (pl. I fig. 1); à côté se trouve l'échappement sous trois ponts; les détails sont représentés, en plan et en élévation (fig. 5, 6, 7).

Le barillet n'étant couvert que par le pont qui lui est propre, et toutes les parties de l'échappement n'étant également couvertes que par leur pont, chaque pièce se démonte et se remonte indépendamment de toutes les autres.

La roue d'arrêt de remontoir (dite à *Croix de Malte*) est également découverte pendant la plus grande partie du temps, ce qui permet d'armer ou de désarmer cet arrêt (pour proportionner la tension et la force du ressort aux besoins du mécanisme), même sans arrêter la montre.

Ces précautions rendent le travail de repassage et de réglage prompt et facile, ce qui est d'une haute importance en cette délicate matière. Ces divers organes sont établis sur la platine de derrière, du côté opposé au cadran.

De l'autre côté de la platine se trouve le rouage composé simplement de trois roues; une seconde platine assemblée avec la première par trois piliers, forme la cage (fig. 8). — La fig. 2 montre le rouage, la première platine étant enlevée. — La fig. 3 représente le cadran, et les roues servant à marquer l'heure, dites de *minuterie*.

Le centre de ce cadran n'est pas commun avec celui de la platine; cette excentricité, qui d'ailleurs n'est pas obligatoire, a pour motif une disposition relative des organes intérieurs et extérieurs qui permet de tenir le cadran le plus grand possible sans agrandir démesurément le diamètre total du chronomètre.

Le barillet A (fig. 4) qui renferme le ressort, n'est autre, quant à la forme que celui des pendules ordinaires, mais il a reçu quelques perfectionnements. Le corps de l'arbre, ou *bonde* B, au lieu d'être cylindrique comme on le fait ordinairement, est formé en limaçon : l'extrémité du ressort se loge entre le crochet *c* (fig. 15) et la partie la plus élevée du limaçon; par ce moyen, le second tour du ressort s'enroule mieux sur l'arbre que lorsque ce dernier est cylindrique. Le crochet *c* est formé d'une simple goupille ajustée dans un trou fait à l'arbre suivant la direction indiquée par la fig. 15. L'arrêt de remontoir C (fig. 1 et 11) est celui dit à *Croix de Maltè*, le plus généralement employé parce qu'il est le meilleur.

Ouvrons ici une parenthèse pour expliquer l'usage et l'utilité d'un arrêt de remontoir.

Ce petit mécanisme sert à *limiter* le nombre des tours d'enroulement du ressort. Par conséquent il empêche : 1° d'occasionner la rupture ou la déformation de ce ressort par une tension exagérée; 2° de tendre le ressort d'une façon inégale à chaque remontage. En effet, il serait impossible à la personne qui remonte le chronomètre de ramener, chaque fois, la tension du ressort au même degré; pour cela, il faudrait le remonter tous les jours à la même heure, à la même minute, en comptant exactement le même nombre de tours de clefs, et encore, on n'arriverait pas à une réelle exactitude. — Toute pièce d'horlogerie destinée à bien marcher doit être pourvue de cet appareil indispensable.

Revenons à l'*arrêt* perfectionné du chronomètre. Ainsi qu'on le comprend à l'inspection de la figure, il termine sa fonction par un arcboutement. Mais, comme dans une montre marine il y a beaucoup plus de force que dans une montre de poche, la résistance des pièces devait être mieux combinée. Pour cela, une vis *v* est placée sur la roue d'arrêt (fig. 1), sa tête est saillante d'environ $1^{m}/_{m}$ $^{1}/_{2}$. Au-dessus du doigt d'arrêt ordinaire existe un second doigt *e* qui est à la hauteur de la vis *v*; ce doigt est assez long pour venir porter contre la tête de la vis quand le développement voulu est achevé : cet effet est vu (fig. 11), ici l'arrêt se fait tangentiellement sans décomposition de force. C'est ce qu'il importait d'obtenir.

Le rochet d'encliquetage *f* est ajusté à carré sur l'arbre comme les doigts

d'arrêt; il porte un pivot qui doit tourner dans le pont; la denture du rochet est noyée dans le pont P (fig. 1 et 4).

En dehors du pont est encore ajusté, aussi à carré, un canon D, dont la fig. 4 représente une coupe. La partie supérieure de ce canon s'applique contre le fonds de la boîte, et interdit ainsi le passage aux corps étrangers qui pourraient s'introduire dans l'intérieur du mouvement. Le cliquet g (fig. 4), est taillé dans un morceau d'acier d'un millim. $^1/_2$ d'épaisseur; il se pose contre le côté du pont où il est tenu par une vis et deux pieds vus (fig. 4). Son extrémité dépasse le pont, ce qui donne de la prise lorsqu'on veut le soulever pour désarmer le ressort. Le rouage est simplifié autant que possible. Le pignon *de centre* traverse la grande platine (platine de derrière); il pivote dans le pont p (fig. 1). Du côté du cadran il tourne dans la platine de devant. La route *petite moyenne* pivote entre les deux platines. La roue des *secondes* a son pivot supérieur dans une barrette F d'une épaisseur égale à celle de la *bâte* b (fig. 8). — Cette barrette est vue en plan, et ponctuée (fig. 3). — La minuterie, ponctuée dans la même figure, est logée dans l'espace compris entre le cadran G et la platine P (fig. 8). Cet espace est déterminé par l'épaisseur de la bâte b.

En ce qui concerne la minuterie, on emploie aussi une autre disposition meilleure et préférable à tous les points de vue. Elle consiste à placer entre les deux platines, une *roue spéciale* que commande un pignon rapporté à l'axe de la roue de centre qui indique les minutes. Ce pignon est à la *roue spéciale* comme 1 est à 12; il la fait donc mouvoir avec la vitesse convenable pour désigner les heures. L'aiguille des heures est fixée sur le prolongement de la tige de cette roue spéciale; dans son rayonnement est inscrit le cadran des heures. Le pignon d'échappement traverse la grande platine et engrène avec la roue des secondes; il pivote dans la petite platine. En dehors de la cage, il porte la roue d'échappement sous le pont p' (fig. 1). — La *détente* qui est vue découverte, dans la fig. 5, est plantée entre la grande platine et le pont p''.

Le balancier H est entre la platine de derrière et le coq h, vu en plan (fig. 1) et en élévation (fig. 7). Au-dessous du coq est un petit pont i (fig. 1 et 7); la tête de ce pont est ouverte de manière à laisser passer librement l'assiette sur laquelle le balancier est fixé : lorsqu'on met en place, le balancier, il suffit que le pivot inférieur entre dans son trou, l'assiette s'appuie sur la tête du pont et maintient le tout pendant qu'on apporte le coq pour le mettre en place. Ce pont nommé *garde-balancier*, prévient la rupture du pivot inférieur lorsqu'on enlève ou remet le balancier.

La forme de la roue d'échappement est indiquée dans la fig. 5. On remarquera que le devant des dents se dirige de q en o et forme avec le rayon $q\,n$ un angle de 30 degrés. Cette inclinaison est aujourd'hui généralement adoptée; elle est plus favorable à la levée que la direction selon le rayon, et elle évite la destruction de la roue. Pour que cette roue soit légère et forte, elle est creusée en dessous, comme on le voit (fig. 6). — Cette roue, ainsi creusée, est plus forte et en même temps moins lourde que la roue à l'anglaise, également sa construction est plus facile. Le *cercle de levée* est un disque L (fig. 5 et 6), ajusté sur l'axe du balancier, et fixé contre l'assiette par une vis. Ce disque est entaillé comme on le voit (fig. 5) et porte le rubis l sur lequel la roue agit pour donner l'impulsion nécessaire : le rubis formant levée fait avec le rayon du cercle de levée, le même angle que les dents de la roue avec son rayon. Sur l'axe du balancier et au-dessous du cercle de levée est ajustée, à frottement très-ferme, une pièce d'acier appelée *corps de dégagement*; et qui est vue en k (fig. 5 et 6). Dans une rainure faite parallèlement à l'axe du balancier, se loge un rubis nommé *doigt de dégagement*, destiné à agir sur le petit ressort de la détente, la partie d'acier ne devant point y toucher.

La détente M est un peu plus compliquée et plus délicate que les pièces précédemment décrites. Elle est montée sur un axe m (fig. 5 et 6) planté entre la grande platine P'P' et le pont p'' (fig. 1). — La partie principale de la détente est un plateau d'acier monté sur cet axe; ce plateau forme deux bras, l'un dirigé vers l'axe du balancier et l'autre à l'opposé. Le premier bras porte le petit cylindre r entaillé à moitié de son épaisseur comme on le voit en plan (fig. 5) et en élévation (fig. 6). — Cette partie de la détente se nomme *repos* de la roue, parce que c'est contre elle que la roue vient se *reposer* après avoir donné l'impulsion ainsi qu'on le verra tout à l'heure. Ce bras se prolonge et arrive très-près du corps de dégagement, sans cependant toucher le *doigt* en rubis. Les fig. 5 et 6 le représentent en plan et en élévation; l'extrémité la plus voisine de l'axe du balancier descend en équerre pour servir de repos ou soutien au petit ressort en or, qui fait l'effet de ce qu'on nomme en horlogerie, « *pied-de-biche* ». — Ce petit ressort S est fait d'un morceau d'or allié à 17 ou 18 carats et laminé très-dur. Il est coudé en équerre pour former la patte S' : cette patte est fendue pour passer facilement sous la tête de la vis, sans qu'on soit obligé de retirer entièrement celle-ci. Le petit ressort trouve contre le retour d'équerre formé au bout de la détente, un appui qui le rend ferme dans ce sens. L'extrémité S'' du petit ressort tend à appuyer contre son soutien du bout de la détente par son élasticité, et la manière dont il est armé. Cette extrémité de la détente se nomme *repos* du petit ressort, par les raisons qu'on vient d'expliquer.

L'autre bras de la détente sert de contre-poids afin de pouvoir l'équilibrer et l'appuyer contre son repos t (fig. 6) qui détermine sa position pour les fonctions de l'échappement. La vis t (fig. 6) porte une goupille en or u, excentrique à la tête pour qu'en tournant un peu plus ou un peu moins cette vis on puisse mettre la détente au point voulu. L'axe de la détente porte près de la platine un spiral, non représenté dans la figure : il est monté sur cet axe de la même manière qu'on le place sur les balanciers des montres ordinaires. L'extrémité (extérieure) de ce spiral est fixée dans un piton qui est planté dans la platine : ce piral sert à ramener la détente à son point de repos.

Les fonctions de l'échappement sont faciles à comprendre : La roue d'échappement est sollicitée par le moteur à tourner de y en z; elle se trouve arrêtée par le repos r que porte la détente.

Lorsque l'axe du balancier tourne de 1 en 2 (fig. 5), le doigt de dégagement agit sur le petit ressort S, qui dans ce sens, s'appuyant contre son soutien, écarte la détente. La roue devient libre et tourne; la dent voisine de la levée tombe sur elle, et lui donne l'impulsion nécessaire; mais pendant ce temps, la détente, abandonnée par le doigt de dégagement, a repris sa place contre son repos, le repos (ou doigt d'arrêt) de la roue s'est également remis en position pour arrêter la dent suivante (celle qui vient de donner l'impulsion à la levée).

Quant cette vibration est achevée, le balancier retourne dans le sens inverse, passe sans déplacer la détente, puisque le petit ressort cède en faisant l'effet de pied-de-biche; puis, après cette vibration achevée, il recommence celle qui vient d'être décrite et continue ainsi. Le balancier compensateur H est inutile à expliquer, les fig. 1, 7 et 13 en donnant une idée intelligible à première vue, surtout si on se rappelle les détails donnés précédemment à l'article de la compensation.

Un mot sur la manière dont sont établis les vis a' a' qui servent de *masses réglantes*. Elles sont de deux pièces, c'est-à-dire composées d'une petite vis en acier sur laquelle est montée une grosse tête soit en laiton, soit en platine. De cette façon on trouve réunies la solidité de l'acier (pour la tige) et la pesanteur du platine pour la tête. La fig. 12 représente une coupe de ces masses. Le spiral,

cylindrique N (fig. 7) est fixé à l'axe du balancier par la virole *b'* (fig. 6) : l'extrémité du spiral, un peu recourbée vers son centre s'enfile dans l'extrémité de la virole où elle est maintenne par une goupille. L'autre extrémité du spiral est fixée au coq par l'appareil que l'on va voir.

On nomme *piton* la pièce qui fixe l'une des extrémités du spiral à la platine ou au *coq* (pont du balancier), parce que dans l'origine, cette pièce ressemblait assez à un piton : ici la forme diffère beaucoup. Pour que le spiral puisse être tenu sans être aucunement déformé, une virole d'acier *c'* vue en plan et en coupe verticale (fig. 14), est façonnée sur le tour : l'intérieur du spiral ayant 9 millimètres de diamètre, la partie 2, 3 à 9 millimètres de diamètre extérieur. Le spiral pourrait donc entrer sans aucune déformation sur cette partie de la virole. — Une autre virole *d'* a pour diamètre intérieur le diamètre extérieur du spiral, et $0^{m}/_{m},75$ d'épaisseur. Ces deux viroles sont traversées par une vis qui fait serrer la virole extérieur sur celle intérieure, et l'extrémité du spiral se trouvant engagée entre *d'* et 2, est maintenue par la pression de la vis.

Ce petit appareil, comme on le voit, forme une pince ou mâchoire s'élevant perpendiculairement à la partie plate *c''*. Cette pince, réduite à la largeur convenable se place sur le coq comme un plateau, on la met en place, puis on la serre sous une plaque *e'* fixée au coq par deux vis. On a vu, dans l'explication des fonctions de l'échappement, que, le ressort moteur étant armé, tout le rouage se trouve arrêté par la roue d'échappement dont une dent repose sur la détente; s'il arrivait qu'en démontant le balancier, le bec de la détente fût accidentellement soulevé, il pourrait dégager la roue, alors le rouage partirait avec une impétuosité qui amènerait de graves accidents.

Le ressort qu'on voit en *f' f'* (fig. 7) a pour mission de prévenir cet inconvénient. Il est posé à plat sous la platine contre laquelle il s'appuie par son élasticité; il porte une goupille *g'* qui traverse la platine et vient pénétrer dans les dents de la roue d'échappement, à moitié de leur épaisseur. La lame de ce ressort passe sous la vis du coq; celle-ci excède la platine d'un demi-millimètre. Lorsque le coq est en place et que cette vis est serrée à fond, elle appuie sur la lame du ressort, et s'éloigne de la platine. On comprend que dès que la vis du coq est desserrée, le ressort revient en place, entrave la roue d'échappement et l'empêche de tourner. Ce ressort se nomme *ressort d'entrave.*

La boîte en laiton qui renferme le mouvement est vue (fig. 9) réduite au tiers de sa grandeur naturelle; elle est formé de quatre parties. La *bâte bb* dans laquelle entre toute la cage du mouvement vue (fig. 8); le *corps hh'* pris dans une tube de laiton; la *lunette ii'* pour laquelle une partie du même tube est employée; enfin, le fond O qui est en cuivre fondu. Dans ce fonds sont pratiquées deux creusures que la figure indique : l'une, concentrique au barillet, a pour objet d'allégir la boîte de ce côté qui est naturellement le plus lourd; l'autre diamétralement opposée, est remplie de plomb fondu pour équilibrer la boîte.

L'emboîtage, c'est-à-dire la fixation du mouvement dans la boîte, se fait par trois clefs E E' E'' (fig. 1); ces clefs sont des disques découpés en forme de *limaçon;* l'épaisseur de la bâte (fig. 9) se voit en *bbb* (fig. 1). Quand les clefs sont dans la position E' le mouvement entre dans la bâte et en sort librement; mais lorsqu'il est entré, si on donne aux clefs la position E, et qu'on serre les vis, il se trouve fixé. Une goupille engagée dans la bâte sert de repère; il est bien entendu que la bâte est entaillée pour donner prise aux clefs.

Le *verrou* S destiné à fixer la suspension est limité dans son mouvement de la manière suivante : dans la boîte, c'est-à-dire dans son couvercle, il y a une pièce qui, lorsque ce couvercle est fermé, vient tomber en *j' j'* (fig. 10) et empêche le verrou de s'ouvrir si on l'a fermé. Mais lorsque, au contraire, le verrou

est ouvert, et doit rester ainsi, le bouton de ce verrou se trouve de l'autre côté de *j'j'* qui le maintient et l'empêche de venir entraver la suspension. Les *pivots* sur lesquels oscille le cercle extérieur de la suspension, sont levés à l'extrémité de deux vis fixées directement dans le bois (acajou) de la boîte extérieure. Une bride *k'* formée d'un morceau de cuivre empêche le renversement du couvercle de la boîte au moyen de deux vis, l'une dans le convercle l'autre dans le corps de la boîte.

Les fig. 1, 2, 3, 4, 7, 8, représentent chaque partie dans sa dimension exacte. Les autres sont des réductions, car les mesures précises sont là, sans importance. Nous avons vu précédemment les *nombres* des roues et pignons. — Ajoutons que l'arrêt de remontoir permet un déroulement de 8 tours au ressort.

Nous avons vu, précédemment, que le système généralement employé pour la *compensation* des effets produits par la chaleur et le froid, consistait à employer des balanciers dont la serge était formée de deux métaux à dilatation inégale le cuivre et l'acier. Cette construction très-ingénieuse donne sans doute des résultats appréciables mais elle ne peut être admise comme un correctif parfait.

Nous avons dit que lorsque la température s'élève, le cuivre (qui forme la partie extérieure de l'arc bi-métallique) se dilate plus que l'acier — comme 21 est à 11 — et produit ainsi une déformation de la serge, tendant à faire incliner son extrémité libre, vers le centre du balancier. Mais ce moment de déformation s'accomplit dans une direction qui ne vise pas au centre du balancier. Des expériences faites par un de nos plus habiles constructeurs de chronomètres (M. Rodanet), ont donné des résultats que reproduit la fig. 7.

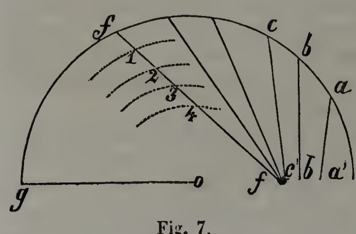


Fig. 7.

M. Rodanet a constaté que des masses réglantes placées en *a* ou *b*, ou *c*, etc..., ou *f*, suivaient, dans le mouvement de déformation les directions *a'a'* — *b'b'* —*c'c'*..... *f'f'*, c'est-à-dire des lignes dont aucune ne convergeait vers le centre *o* du balancier.

Ces mêmes expériences démontrent encore que ce genre de compensation n'est pas en rapport exact avec la température. En effet, les masses compensantes se rapprochent *de moins en moins* du centre, c'est-à-dire qu'elles compensent de moins en moins à mesure que la température s'élève davantage. Ç'est ce que font voir les arcs pointillés 1, 2, 3, 4, correspondant à des déplacements égaux de la masse *f* et dont les rayons décroissent dans une progression de moins en moins rapide.

Lorsque les effets inverses se produisent par l'action du froid les mêmes résultats se manifestent dans le sens opposé. Cet état de choses introduit dans la marche des chronomètres un élément d'irrégularité qui exerce depuis bien des années l'ingéniosité des savants et des artistes, sans qu'on ait pu, jusqu'à présent, parvenir à trouver un correctif parfait.

Nous empruntons au grand traité d'horlogerie moderne de M. Saunier un chapitre très-intéressant et qui expose, avec autant de science que de lucidité, l'état de la question sur cette matière éminemment délicate.

« Il est également admis, dit-il (les différences échappant à nos moyens d'appréciation), que la dilatation des métaux se fait proportionnellement à la température entre 0 et 100 degrés. Dans les expériences faites sur des chronomètres, Dent, habile horloger anglais, a trouvé que la force de tension d'un spiral variait toujours, à très peu de chose près, comme la température. Les expériences de M. Rodanet, de Rochefort, arrivent également à ce résultat que

les variations de force d'un spiral suivent les mouvements du thermomètre, et elles démontrent que le déplacement des masses d'un balancier se fait suivant une *sécante à sa circonférence*, et par quantité décroissantes relativement à la distance du centre, à mesure que la température s'élève ; ou croissantes, dans le cas contraire.

Pour obtenir que les quantités de déplacement vers le centre fussent égales, il faudrait que la sécante, qui donne la direction de la masse, se confondit avec le rayon, ce qui n'est pas possible avec le balancier actuel. Admettons que, par une construction appropriée, on réalisa cette condition, on aurait alors une compensation rectiligne, marchant exactement comme la température. Le balancier serait-il amélioré ? C'est ce que nous allons examiner.

Depuis longtemps les chronométriers se sont aperçus qu'un chronomètre réglé à une température moyenne, par exemple à 15 degrés, retardait aux deux températures, extrêmes *0* degrés et *30* degrés, mais nous croyons que Dent, le premier, a donné la publicité à ce fait, et l'a expliqué. La puissance élastique du spiral variant comme la température, pour que le chronomètre restât réglé il faudrait que le mouvement des masses se fit suivant la même progression arithmétique qui régit les mouvements du thermomètre ; mais c'est ce qui n'a pas lieu, parce que le moment d'inertie du balancier varie comme le carré de son rayon de giration, et, par conséquent, celui-ci diminue par la chaleur et augmente par le froid, dans une progression toute autre que celle du thermomètre.

En effet, et pour nous faire comprendre de ceux qui n'ont pas l'habitude du langage mathématique, supposons un rayon de giration de 10 millimètres, croissant de 1 millimètre par x degrés d'abaissement de la température, et que la force du spiral augmente par chaque x degrés, comme les nombres 1, 5, 10, 15, c'est-à-dire d'une valeur constamment uniforme d'une station à l'autre.

Le moment d'inertie du balancier représenté par les chiffres $10^2, 11^2, 12^2, 13^2$..... augmente à chaque station successive des nombres 21, 23, 25, 27..... c'est-à-dire d'une valeur qui devient de plus en plus forte.

D'où il résulte que le moment d'inertie augmentant plus rapidement que la force du spiral, un retard en est la conséquence. On démontrerait de même que le chronomètre, réglé à une température, retardera par l'élévation de cette température ; et que réglé à deux températures extrêmes, il avancera à la température moyenne. Le balancier compensateur actuel, même s'il était pourvu d'une compensation rectiligne, serait donc défectueux, parce que, dans ce cas, comme dans l'autre les variations de son moment d'inertie ne suivraient pas la même progression que la force élastique du spiral et ne seraient pas proportionnelles aux autres causes d'avance ou de retard qui proviennent soit du rouage, soit de l'échappement.

Afin d'obvier aux écarts qui se produisent par les températures extrêmes, on a imaginé un grand nombre de combinaisons de balanciers, ou des dispositifs à adapter aux balanciers actuels. Ils se résument généralement en deux espèces : Dans l'une, de nouvelles lames bi-métalliques sont disposées sur le balancier de façon à produire, aux températures extrêmes, selon le besoin, le raccourcissement ou l'allongement du rayon de giration.

L'autre comporte des pièces qui se déplacent, mais seulement au contact des bras du balancier, pour ajouter à son effet.... Ces accessoires compliquent nécessairement le balancier, et, s'ils ne sont pas parfaits ils ajoutent leurs erreurs aux siennes propres. En outre, on sait depuis longtemps que les contacts, les pressions, variables de leur nature, n'offrent pas une assez grande sécurité pour les effets si délicats et pour ainsi dire insaisissables de la compensation. Aussi le peu de succèsobtenu par un très-grand nombre de compensations

additionnelles s'explique bien simplement quand on connait les soins que demande et les difficultés que présente l'établissement d'un bon balancier, répétant avec une rigueur absolue, et parallèlement les mêmes fonctions sur chaque bras bi-métallique; et l'on s'aperçoit bien vite que la complication des organes ainsi que la multiplicité des effets augmenteront les difficultés soit du travail soit de l'équilibre du balancier, et exigeront impérieusement une exécution parfaite, des métaux d'une pureté, d'une homogénéïté absolues ou exceptionnelles.

On compte par grands nombres les compensateurs auxiliaires déjà essayés; nous ne pouvons les décrire. Cependant quelques-uns offrent un véritable intérêt; au premier rang, nous plaçons la combinaison due à un très-habile constructeur de chronomètres, M. Vissière (du Havre), c'est pourquoi nous en insérons ici la description :

Le balancier de M. Vissière est représenté dans la fig. 8; il est nommé par l'inventeur; *Balancier portant des masses compensatrices à lames bi-métalliques :*

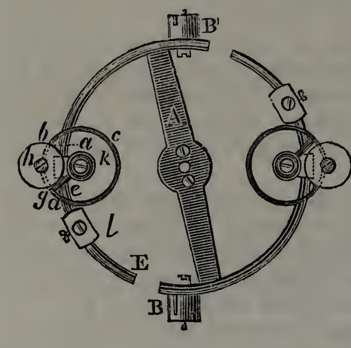


Fig. 8.

A balancier compensateur ordinaire; *a*, coulant placé sur le balancier et muni d'une vis *m* qui sert à le fixer; *bcd*, lame bi-métallique circulaire, portant un bras *e* : elle est coupée en *g* ; *f*, vis percée et taraudée dans son intérieur, servant à fixer la lame *bcd* sur le coulant *a* ; *h*, masse placée sur la lame près de la coupure, et fixée par une vis *i* ; elle porte au centre, une vis *n* servant à modifier son poids ; *k*, vis qui sert à équilibrer le système; *l*, masse auxiliaire, placée sur la circonférence du balancier dont le poids mis en rapport avec la masse *h*, sert à déterminer l'intensité de l'action de la compensation.

(Note de M. Vissière). Une compensation additionnelle doit non-seulement donner une marche égale, aux extrêmes et moyennes températures, mais elle doit aussi conserver l'uniformité de la marche en passant par toutes les températures intermédiaires, et pouvoir atteindre des limites plus étendues que de 0 à 30 degrés : celles où l'on s'arrête ordinairement. »

« La masse à lame bi-métallique *bdc* a cette propriété. Cette lame est composée d'acier à l'intérieur de laiton à l'extérieur. » « Cette masse *h* est placée sur le prolongement d'un rayon du balancier, passant par le centre de la lame *bcd*, à la température + 15 degrés. — Si cette température s'élève ou s'abaisse, la masse *h* passe, par l'effet de la dilatation de la lame *bcd* d'un côté ou d'un autre du rayon, en suivant la circonférence de la lame; mais comme cette circonférence n'est pas concentrique au balancier, il en résulte que la masse *h* se rapproche du centre (à droite ou à gauche du rayon) et tend à accélérer la marche du balancier. Cette accélération sera d'autant plus grande que la masse s'éloignera davantage de la position normale. » « On peut obtenir une compensation dans les limites de *une* seconde par des changements de température de 50 degrés.

» Je n'ai encore expérimenté que jusque-là, mais j'ai lieu de croire qu'on peut aller plus loin. »

La solution des problèmes que nous venons d'énoncer, a préoccupé vivement les chercheurs chronométriers, et à la suite de leurs travaux est apparue une nouvelle forme de balancier compensateur. Pour décrire ce type qui est tout à fait moderne, nous ferons un emprunt au remarquable travail publié dans les « *Recherches sur les chronomètres et les instruments nautiques* » par M. E

Caspari, ingénieur hydrographe. M. Caspari pose la question en ces termes :

« Soit un balancier circulaire, réglé pour la température de 15 degrés, le chronomètre retardera à 0° et à 30°; le moment d'inertie du balancier est donc trop grand dans les deux cas. Or, en passant de 15° à 0°, l'effet des lames est d'éloigner les masses du centre; s'il y a retard, c'est qu'elles s'éloignent trop; il s'agit donc, dans cet intervalle, de retarder ou diminuer le déplacement des masses. En passant de 15° à 30°, on concluera de même que les masses ne rentrent pas assez; il faut donc accélérer ce mouvement. *Ainsi diminuer le mouvement des masses aux basses températures, l'exagérer à la chaleur*; tel est le but à atteindre.

..... L'Angleterre nous a envoyé, dans les dernières années, un nouveau système de balancier, très-différent de ceux que nous avons décrits; le balancier Hartnup. Cet appareil a été conçu et exécuté d'après des vues théoriques; l'expérience a donné en partie raison à l'inventeur. M. Winnerl a importé cette nouveauté en France avec un certain succès qui a depuis engagé M. Dumas et M. Leroy à en tenter l'application avec des chances variables. Le succès ne paraît pas toujours assuré, et les artistes qui ont réussi avec le balancier Hartnup avaient obtenu et obtiennent encore de forts beaux résultats avec le balancier ordinaire....... « Le balancier Hartnup diffère du balancier circulaire : 1° par la barette; 2° par la forme des lames et des masses (fig. 9).

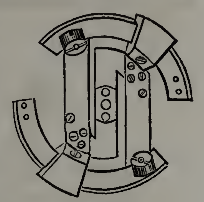


Fig. 9.

« La barette est remplacée par un système de trois lames planes bi-métalliques. Celle du milieu est percée d'un trou dans lequel passe l'axe; l'acier est en dessus. A chaque extrémité s'attachent en retour deux lames de même forme, parallèles à celle du milieu, le laiton en dessus. L'élévation de la température a pour effet de ramener vers le centre, en les élevant, les extrémités de ces lames. A ces extrémités s'adaptent deux arcs bi-métalliques circulaires, mais qui au lieu d'être limités par des surfaces cylindriques, sont compris entre deux surfaces tronconiques, les génératrices des cônes étant inclinées à 45° sur l'axe. Ces lames portent des masses compensatrices de forme assez irrégulière; elles fonctionnent comme des lames circulaires, mais éprouvent, de la part de la barrette bi-métallique, un mouvement qui les rapproche du centre, et en même temps les fait incliner : le mouvement des masses se compose donc, en définitive, de trois mouvements, deux de translation, un de rotation. Il est aisé de concevoir que la température imprime à ce balancier des déformations considérables, et en apparence peu régulières. Ce balancier, bien que réduisant l'erreur secondaire, la laisse encore subsister dans une certaine mesure; il est plus difficile à régler que le balancier ordinaire. »

« Enfin, M. Winnerl a imaginé et réalisé un balancier qui nous paraît être la solution la plus heureuse du problème (fig. 10 et 11).

« A la température moyenne, soit 15°, les lames sont planes. Si la température varie, elles se courbent; la *convexité* étant dirigée vers le *haut* lorsque la température *baisse*, et vers le *bas* lorsqu'elle *monte*. En même temps les vis tournent (c'est-à-dire se déplacent) d'un certain angle, proportionnel au changement de courbure des lames; de là, déplacement des masses. »

M. Caspari fait suivre cette description d'une série de calculs appartenant aux mathématiques transcendantes, sur les effets probables de cette disposition, et ses conclusions lui sont favorables. L'expérience a, du reste, confirmé la savante théorie de M. Caspari, car pendant une épreuve de 28 jours, avec des températures variant de 0° à 30°, le balancier de M. Winnerl a réglé dans les limites comprises entre $+1^{sec}03$, à 0°, et $+1^{sec}50$ à 30°. C'est-à-dire que, contrairement à la marche reprochée aux balanciers ordinaires, il a produit de l'*avance* aux

températures extrêmes. Malgré ses qualités, ce balancier ne paraît pas avoir atteint la perfection désirée : on a remarqué que, parfois la compensation était insuffisante, les lames compensatrices étant trop courtes; que les masses ne visaient pas au centre du balancier, puisqu'elles sont placées sur deux lignes *latérales* au rayon; qu'enfin l'inclinaison de la tige portant ces masses n'était pas facile à déterminer, attendu qu'il n'y avait pas certitude que, toujours, elle dut être fixée à 45 degrés (fig. 12 et 13).

Sur ces données, de nouvelles recherches ont été faites et un balancier de la même famille est apparu, offrant des modifications et des corrections importantes. On doit supposer qu'il réalise un progrès sérieux, car aux derniers concours chronométriques du dépôt des cartes et plans de la marine cinq chronomètres munis de ce balancier ont été déclarés admissibles et achetés par l'État. L'auteur est M. Callier successeur de M. Winnerl, dont il a été longtemps l'habile collaborateur.

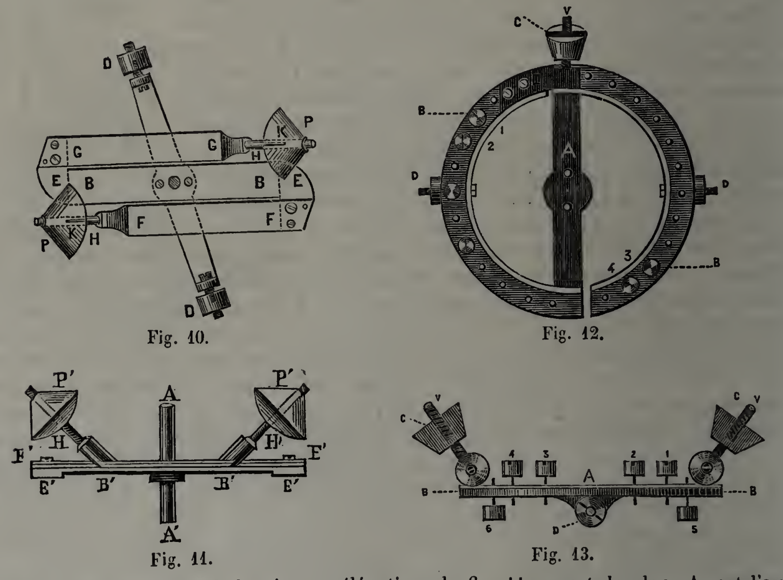


Fig. 10. Fig. 12. Fig. 11. Fig. 13.

La fig. 10 représente le balancier en élévation, la fig. 11 en est le plan. A, est l'axe; B, B, une barrette d'acier; C, C, une autre barrette, également en acier, portant à ses extrémités deux écrous réglants, en platine. La barrette B, B, se termine à ses deux bouts par deux talons E, E, sur lesquels on fixe deux lames bi-métalliques planes et droites F, F et G, G. Ces lames bi-métalliques sont en acier et laiton, l'acier en dessus. A leur extrémité elles portent deux vis en métal H, H, inclinées à environ 45 degrés sur l'horizontale. Sur ces vis sont disposées deux écrous en platine, qui ont la forme de solides de révolution, et font offices de masses compensatrices.

Les fig. 12 et 13 représentent ce balancier, en plan et de profil; A, barrette du balancier, elle est bi-métallique, l'acier en dessous; *b*, *b*, lames bi-métalliques circulaires, formant, *à plat*, la serge du balancier, l'acier en dessus; *c*, *c*, masses compensatrices fixées sur une vis le long de laquelle elles peuvent monter ou descendre; *v*, *v*, vis dont on vient de parler, montées sur une grenouillère qui permet de leur donner toutes sortes d'inclinaisons sur l'horizontale. (Le mode de fixation de ces masses et de leurs vis est la correction des deux imperfections signalées dans le balancier Winnerl. — Elles sont placées sur la ligne du centre; elles se prêtent à toute inclinaison. —) *d*, *d*, vis de réglage pour la marche diurne, abstraction faite de la compensation; *1*, *2*, *3*, *4*, vis accessoires à la compensation, pouvant être changées de trous sans modifier le poids du balancier; *5*, *6*, vis compensatrices en platine, contribuant à obtenir une accélération, et, par conséquent, à éviter les retards aux basses températures.

Les effets de compensation produits par ce balancier sont faciles à comprendre : supposons que la température va en s'élevant; il s'agit de réduire le rayon de giration du balancier, pour compenser le retard produit par la chaleur; c'est ce qui se réalise de la façon suivante :

La barrette A porte le cuivre en dessus; il se dilate et fait infléchir la barrette qui devient *convexe* par dessus. Cette barrette se raccourcit. Chacune des lames *b*, *b* porte le cuivre en dessous; elles se recourbent, par l'effet de la dilatation, vers le haut, et deviennent *concaves* par dessus. Ce mouvement les raccourcit, et en même temps rapproche du centre les masses réglantes *c*, *c* d'une quantité d'autant plus grande, qu'elles sont plus proches de l'extrémité des vis *v*, *v* et aussi que ces vis sont plus ou moins inclinées sur l'horizontale. Par l'abaissement de la température ce sont les effets inverses qui ont lieu. — Les petites vis accessoires produisent leurs effets additionnels d'après les mêmes causes.

Ce système de balancier est certainement un des meilleurs types produits jusqu'à ce jour. M. Callier qui est, à la fois, un savant et un artiste distingué, arrivera sans doute à réaliser sur ce point délicat un progrès aussi sérieux que durable. Plusieurs beaux types de sa création fonctionnaient à l'Exposition.

Nous aurions encore beaucoup à dire sur cette matière, la plus importante, à coup sûr, de toute l'horlogerie, mais les bornes de cette étude ne le permettent pas. Aux lecteurs désireux d'approfondir le sujet, nous conseillerons de consulter les beaux travaux de MM. Lieussou, de Magnac, Poix, officiers de marine; de MM. Yvon Villarceau et Caspari, ingénieurs hydrographes (publiés dans les *Recherches chronométriques*, par les ingénieurs du dépôt de la marine); le *Grand Traité* d'horlogerie moderne de M. Saunier; divers articles très-savants publiés par l'éminent chronométrier anglais Frodsham, et autres, dans l'*Horological* de Londres et l'*Horological* de New-Yorck.

III. — Les Compteurs.

Un *compteur* est une montre indiquant les secondes et leurs fractions; ce qui permet de *compter* dans quel temps un phénomène physique ou astronomique ou un fait quelconque s'accomplit. Mais l'expérience ayant fait voir qu'il serait avantageux d'avoir un instrument capable d'*écrire* (ou noter) soit le début, soit les périodes intermédiaires, soit la fin de l'observation, on est arrivé à construire des compteurs qui *écrivent* les secondes et leurs fractions. En outre, il était utile de *suspendre* subitement la marche des aiguilles, et de la *continuer* de même suivant les besoins. On est arrivé à faire des instruments munis de deux aiguilles dont une peut s'*arrêter* instantanément, au gré de l'observateur et *repartir* de même. Enfin ces mêmes aiguilles, au moyen d'une petite provision d'encre, peuvent inscrire, par pointillements très-distincts, les fractions du temps qu'elles mesurent. Le cadran devient donc une sorte de registre, conservant les traces *écrites* du passage des fractions successives du temps écoulé pendant l'observation.

Nous donnons la description d'un type estimé, et en même temps tout moderne; il appartient comme création et comme perfectionnements, à M. Henry Robert (le fils de celui dont nous avons analysé le chronomètre).

La planche II, le représente en plusieurs figures : Fig. 1, vue du dessous du compteur, le fond de la boîte étant enlevé; fig. 2, coupe transversale, suivant la ligne *1*, *2* de la fig. 1; fig. 3, vue de face, le cadran étant supprimé; fig. 4, même vue avec le cadran; fig. 5, dispositif pour obtenir l'arrêt et le départ; fig. 6, même vue de profil, les

organes étant dans la position du départ; fig. 8, 9, 10, vues de face, de profil, et coupe verticale longitudinale du dispositif du pointage; fig. 11, 12, dispositifs nouveaux pour le remontage et le réglage.

Détails de l'arrêt et du départ. — Fig. 1, 5, 6, 7, *a*, balancier; *b*, goupille implantée sur le balancier; *c*, roue en croix de Malte, présentant, au-dessus des dents de la croix de Malte, un appendice *e*, à plan incliné, et, perpendiculairement au plan de rotation de la goupille *b*, du balancier, un double plan incliné *f*; *g*, ressort à tête *h*, agissant sur la roue en croix de Malte pour la faire tourner; *i*, bouton-poussoir monté directement sur le ressort *g*; *j*, ressort-sautoir de la roue *c*, en croix de Malte.

Supposons les organes dans la position représentée (fig. 7), c'est-à-dire l'appendice *e*, du ressort *d*, dans un creux (ou *vide*) de la roue en croix de Malte *c*, le double plan incliné *f* de ce ressort se trouvera en dessous du plan de rotation de la goupille *b* du balancier, et le compteur marchera. Si on pousse le bouton *i* (fig. 6), la tête *h* du ressort *g* fera avancer d'une dent la roue en croix de Malte : l'appendice *e* se trouvera alors relevé et portant sur un *plein* de la roue, et, par suite, le double plan incliné *f*, sera à la hauteur de la goupille *b* du balancier, le compteur s'arrêtera. Successivement, si avec le bouton *i*, on fait avancer d'une autre dent, la roue croix de Malte, un vide *c''* se présentera sous l'appendice *e*, le compteur se remettra en marche.

Et ainsi de suite, on obtiendra des arrêts ou des départs aussi prompts que sûrs et précis; car le ressort d'arrêt *d*, par son double plan incliné *f*, suspend la marche du balancier juste au milieu d'une levée de l'échappement, de sorte que l'échappement étant à cylindre ou à ancre, il repart sans s'arrêter jamais au doigt.

Mise à zéro. — C'est-à-dire, rappel des aiguilles à leur point de départ (fig. 3, 8, 9, 10).

k, axe de l'aiguille des secondes; *l*, aiguille des secondes; *m*, came en cœur de mise à zéro, faisant corps, ainsi que l'aiguille *l*, avec le canon *v*, monté sur l'axe *k*, à frottement doux; *n*, goupille ressort du cœur *m*, elle est montée dans un piton *o*, et appuie sur l'axe *k*, dans une rainure *p*, qui y est pratiquée de façon à maintenir aussi la position du cœur en élévation; *r*, pièce de mise à zéro pouvant osciller en *s*, et venir presser le cœur *m*, pour faire faire retour à l'aiguille *l* sur la tige *k* jusqu'à zéro; *t*, ressort éloignant du cœur la pièce *r*; *u*, bouton extérieur actionnant la pièce *r*, par un mouvement rectiligne.

Pointage. — C'est-à-dire *écriture* sur le cadran (fig. 1, 2, 3, 4, 8, 9, 10).

x, pointe fixée à l'extrémité du ressort d'aiguille *y*, et destinée à effectuer le pointage par sa descente sur le cadran *W*; *z*, godet rempli d'encre grasse onctueuse; fermé à l'extrémité de l'aiguille *l*, et traversé par la pointe *x*; *1*, Contre-ressort du pointage; *2* tige traversant le pignon des secondes et servant à maintenir l'écartement entre le ressort *y*, et le contre-ressort *1*; ce contre-ressort étant plus puissant que le ressort *y*, la pointe *x*, dans sa position normale, reste éloignée du cadran; *3* vis butoir sur le contre-ressort, servant à déterminer la distance entre l'extrémité de la pointe *x*, et le cadran, et aussi à régler l'effet de déclanchement dont il sera parlé plus loin; *4* levée oscillant en *5* à l'extrémité du contre-ressort; elle est maintenue à sa position normale par une lame-ressort *6* agissant sur son talon; 7 pompe conique repoussant la levée *4*, et par conséquent le contre-ressort; 8 ressort relevant la pompe.

Pour opérer le pointage, il suffit de presser vivement le bouton (ou *pompes* 7, qui, repoussant à la fois la levée 4, et le contre-ressort *1* par l'action de son cône, libère le ressort *y* de l'aiguille, lequel abaisse sa pointe *x* sur le cadran, et fait le pointage.

Toutes ces fonctions s'accomplissent avec la rapidité de l'éclair et en un seul mouvement. Aussitôt le pointage fait, la levée tombe derrière le cône de la pompe, et le contre-ressort revenant à sa position normale, soulève le ressort *y* de l'aiguille par l'intermédiaire de la tige *2*, et, quand le doigt a abandonné le bouton de la pompe, pendant tout le temps que le cône remonte, la levée 4, subit la fonction appelée en horlogerie, « *pied-de-biche.* »

Cadran indiquant les cinquièmes de seconde. — *9* (fig. 4), est l'aiguille trotteuse, indiquant sur le petit cadran *10* le cinquième de secondes. Elle est montée sur le pivot de la roue d'échappement, et fait un tour du cadran *10*, en six secondes; la roue d'échappement ayant quinze dents, elles donnent trente battements pour un tour de roue, ce qui fait cinq battements par secondes.

Clef remontoir. — *Volet pour le réglage.* — *Mise à l'heure.* — Ces trois organes et leur fonction sont représentés, dans les fig. *1*, *11*, et *12*. — *11*, est la clef pouvant se rabattre d'un côté ou de l'autre de l'axe *12*, sur lequel elle est articulée en *13*. — Cette clef est maintenue soit dans la position abaissée, soit dans la position relevée, par une rondelle ressort *14*, placée en dessous d'elle; *17* est le volet pivotant en *18*, à l'aide du bouton-poussette *19* et mettant à découvert, par la fenêtre *20*, l'aiguille *21*, d'avance et de retard; *22* et *23* sont les molettes noyées dans le fond du boîtier, et qui, sous une pression rotative du doigt servent à remettre à l'heure les aiguilles d'heures et de minutes.

D'autres dispositions ont été employées, pour les compteurs, mais elles se résument à peu près aux mêmes fonctions, et le type que nous venons de décrire est assurément un des meilleurs.

IV. — Les pièces de voyage.

Nous voici arrivés à une des spécialités les plus intéressantes de la belle horlogerie.

Les pièces ou pendules de voyage sont une création moderne, qui est de fabrication toute française et parisienne. C'est dire qu'elles se signalent par une construction à la fois élégante et soignée. En effet, rien n'est joli comme une mignonnette (le plus petit type de l'espèce), dans sa petite cage en or ou nickel, dont les dimensions n'excèdent pas, en hauteur, 70 millimètres; en largeur, 45 millimètres; en profondeur, 35 millimètres. En même temps, cela est revêtu de formes sculpturales, d'ornements délicats; et, au travers des glaces en cristal épais qui le protégent, on voit briller le cuivre poli du mouvement et scintiller le balancier aux vibrations rapides.

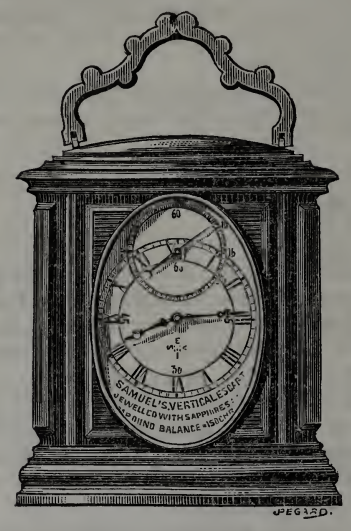
Tous nos lecteurs ont vu, aux vitrines de nos grands horlogers parisiens, ces rangées attrayantes de petites et moyennes pendules, alignées par ordre de grandeurs, miroitantes à l'envi; et chacun a pu se dire qu'une pièce de voyage, dans son bel écrin en maroquin rouge, était un des plus appétissants bijoux de l'horlogerie. La pendule de voyage est non-seulement un objet d'art, mais aussi, et surtout, un instrument de précision. Nous allons décrire un des types les plus estimables,

Ces pièces, essentiellement *portatives*, comme leur nom l'indique, sont munies d'un échappement réglé par un balancier circulaire semblable à celui des chronomètres ou des montres ordinaires.

Tous les échappements connus, c'est-à-dire ceux à détente, à ancre, à cylindre y sont adaptés. Le développement du barillet et du rouage est calculé de façon à fournir une marche de huit jours. Outre le mouvement indicatif des heures, des minutes et des secondes, on les munit de mécanismes plus ou moins compliqués, savoir : réveil, sonnerie, sonnerie à répétition (fonctionnement à volonté, sous la pression du doigt); quantième ou calendrier indicatif des jours, du mois et de la semaine; des phases de la lune, des heures des marées, etc., etc. Le tout, dans les pièces les plus complètes, est renfermé dans les dimensions suivantes : hauteur, 0,12 ; largeur ,0,10 ; profondeur, 0,09. Pour remonter le mouvement, la cage qui le renferme est munie d'une porte sur le côté opposé au cadran; là sont les carrés des barillets, et celui des aiguilles pour

la mise à l'heure. Mais cette porte, quoique ajustée avec précision, livre toujours passage à la poussière et aux influences hygrométriques de l'atmosphère; de plus, l'obligation d'ouvrir cette porte pour le remontage augmente cet inconvénient. Un perfectionnement récent a été apporté ser ce point et sur plusieurs autres, c'est ce que nous allons voir dans l'examen du type de J. Samuel, représenté (en réduction au quart) par les figures 14 et 15.

Ces pièces, destinées à suppléer en cas d'accident au service des chronomètres de marine, sont établies dans des conditions exceptionnelles de précision et de solidité, même en ce qui concerne la cage, laquelle est hermétiquement fermée, parfaitement étanche, et n'a jamais besoin d'être ouverte. L'auteur les nomme *chronomètres-auxiliaires*.





F.g. 14. — Chronomètre auxiliaire Samuel.



Fig. 15. — Chronomètre auxiliaire Samuel.

1° Le mouvement. — Il est établi entre deux platines (ou plaques de cuivre épais) reliées par quatre piliers de hauteur convenable pour donner aux axes du rouage une longueur suffisante. (La fig. 1, p. 68 t. Ier des *Études sur l'Exposition* de 1867 fournit des éléments suffisants pour l'intelligence de cette description.) Du côté des aiguilles, une troisième platine est montée sur des piliers plus courts; elle est destinée à recevoir le cadran et le haut de l'axe du barillet. Dans les pièces ordinaires, le barillet est compris entre les deux premières platines désignées ci-dessus : dans le type *Samuel*, le barillet passe au travers de la platine de devant, et se prolonge jusqu'à la troisième platine (celle du cadran). De cette façon, les dimensions du barillet sont agrandies de près d'un tiers; ce qui permet d'avoir un ressort plus large, relativement plus mince et plus long, et par conséquent supérieur en élasticité.

Le rouage est ainsi composé :

Barillet.	120	dents.
Grande moyenne.	96	»
Roue des minutes	96	»
Petite moyenne	90	»
Trotteuse (roue de secondes)	80	»
Roue d'échappement. . . .	15	»

Tous les pignons ont 12 ailes, excepté le pignon de la roue d'échappement qui en a 10.

Cette disposition fait battre au balancier 14,400 vibrations par heure.

Entre la platine du cadran et la 2e platine fonctionne la minuterie, c'est-à-dire le petit rouage (trois roues et un pignon), qui, entraîné par la longue tige de la roue des minutes, mène les deux aiguilles concentriques d'heures et de minutes. Les secondes sont désignées sur un petit cadran spécial, inscrit à la partie supérieure du grand : L'aiguille, dite trotteuse, est fixée sur l'axe même de la roue de secondes ; dans sa marche, elle indique par des sautillements bien marqués, les quarts de seconde ; elle accomplit un tour par minute, c'est-à-dire en 60 secondes. Les cadrans sont en bronze gravé et argenté.

2° L'échappement. — Dans la figure (1re page 5, 1867) que nous avons rappelée tout à l'heure, on peut remarquer que la roue trotteuse, c'est à-dire engrenant sur le pignon de la roue d'échappement, forme, avec ce pignon, un engrenage *d'angle*; c'est une roue dite, en terme d'horlogerie, roue *de couronne* ou *de champ*. Chose dont il y a lieu de s'étonner, ce système antique et défectueux a été conservé jusqu'à ce jour, et s'emploie encore couramment dans les pièces de voyage. La raison qui a motivé l'emploi de cette vieillerie est tirée du besoin qu'avaient les constructeurs de faire fonctionner l'axe du balancier dans une position verticale ; on a vu précédemment que cette position est celle où le balancier vibre avec la plus grande liberté. A la simple inspection de la figure précitée, on comprendra que, dans les échappements ordinaires, les axes de la roue d'échappement et du balancier étant parallèles, cet engrenage *d'angle*, quoique vicieux, devenait indispensable.

L'échappement *Samuel*, nommé par l'auteur *vertical-identique*, fait disparaitre cet engrenage d'angle, ainsi qu'on va le voir dans la figure 16, qui représente l'échappement complet, c'est-à-dire la roue en prise avec des *rouleaux* ou *cylindres* en saphir fixés sur l'axe du balancier. A côté, sont représentés seuls les *rouleaux* avec leurs *fentes en hélice*, mises en vue.

Voici quelles sont les fonctions :

La roue, tournant dans le sens indiqué par la flèche, fait reposer la dent D 1 sous la face plate et polie du cylindré A fixé sur l'axe du balancier. Lorsque, par l'effet de l'oscillation, le cylindre tourne sur lui-même et vient présenter à la dent D 1 sa fente en hélice F 1, cette dent s'y engage, glisse sur le plan incliné et donne impulsion au balancier ; puis, arrivée au bout de la fente, cette même dent arrive à reposer sous la face 2 du cylindre B. (Cette nouvelle position est figurée par la dent *au pointillé* D 2.) La vibration (ou oscillation) s'accomplit la roue restant arrêtée au repos, comme on vient de voir. Au retour, c'est-à-dire dans l'oscillation en sens inverse, lorsque le balancier revient sur lui-même, ramené par la réaction élastique du spiral, la fente en hélice 2 F du cylindre B arrive en face de la dent D 2 ; celle-ci s'y engage, glisse sur le plan incliné et donne impulsion au balancier.

Enfin, lorsque cette dent arrive au bout de la fente en hélice 2 F, elle échappe entièrement au cylindre B, et se trouve arrêtée dans la position D 3 par la dent suivante que nous retrouvons dans la position D 1, comme au début de cette description ; à la suite de l'oscillation, les mêmes fonctions s'accomplissent, et ainsi de suite pour toutes les dents de la roue.

La hauteur totale des cylindres et de l'intervalle du repos entre deux est égale à l'espace vide compris entre deux dents de la roue : l'échappement fonctionne sans *chute*, sans aucune perte de travail utile, ce qui constitue deux bonnes qualités. Les *repos* se font donc sur les deux faces inférieures des *cylindres*, et les *impulsions* on *levées* se font alternativement sur les *fentes* en *hélice*, chacune en sens inverse.

Il est à remarquer que les frottements des repos ont lieu sur des surfaces plates, très-faciles à polir, et sur des points excessivement rapprochés du centre

de giration : ici, l'axe ayant un diamètre de quatre dixièmes de millimètre, le contact du bout de la dent a lieu à *trois dixièmes de millimètre* du centre, en supposant qu'on laisse un dixième de jeu entre l'axe et la dent. Impossible de réaliser une plus complète réduction du frottement. — Aucun autre échappement ne possède un semblable avantage.

En outre, l'échappement *Samuel* agit, soit dans les repos, soit dans les levées

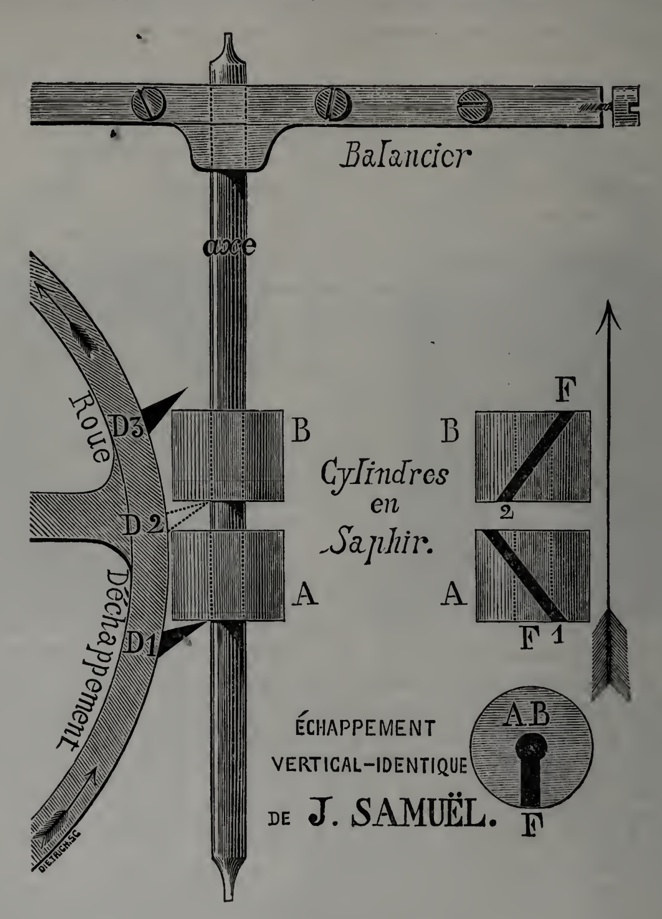


Fig. 16. — Échappement Samuel.

sur des rayons égaux, ce qui lui procure une marche très-égale : telle est la raison pour laquelle l'auteur le nomme vertical-*identique*. A ce dernier point de vue, il est encore supérieur aux autres échappements connus.

En effet, dans l'échappement à cylindre, les frottements de repos ont lieu tantôt à l'extérieur, tantôt à l'intérieur du cylindre, c'est-à-dire sur des rayons *inégaux* de longueur (d'où inégalité de frottement). Dans l'échappement Duplex, le frottement de repos s'opère par *buttée* contre le rouleau, c'est-à-dire dans des conditions défavorables.

L'échappement *Samuel* offre encore cet avantage que les *poussées* des repos et des impulsions se produisent *parallèlement* aux axes, et se traduisent par

des résistances opposées aux *bouts* des pivots, résistances très-minimes, puisqu'elles se réalisent sur des *contre-pivots*. Dans tous les autres échappements, sans exception, ces mêmes *poussées* se traduisent par des pressions *transversales* aux axes, pressions qui tendent à les écarter l'un de l'autre, et qui s'exercent contre les *circonférences* des pivots, condition moins favorable.

L'échappement *Samuel* est bien disposé pour la conservation de l'huile aux parties frottantes : en effet, les *recoins* formés par les faces plates des cylindres contre l'axe, et par les fonds des fentes en hélice, sont très-aptes à conserver une provision d'huile que rien ne peut chasser. Ce même échappement offre encore une disposition d'utilité importante. Dans toutes les pièces où l'axe du balancier est vertical, tout le poids repose sur le bout du pivot inférieur de cet axe; et, quoique la pesanteur soit minime, quoique le contre-pivot soit très-dur, cette pression perpétuelle sur le même point ne laisse pas que d'occasionner une usure appréciable. Dans l'échappement *Samuel*, la roue, agissant sur les repos et les impulsions de *bas* en *haut*, tend à *soulever* l'axe du balancier; il en résulte un soulagement réel pour le pivot et le contre-pivot inférieurs; leur frottement et leur usure sont considérablement diminués. Ceci est d'une utilité et d'une importance incontestables.

L'expérience a prouvé que cet échappement fournit des marches très-égales, et procure un excellent réglage. La moyenne des marches comparées à l'Observatoire de Paris s'est traduite mensuellement par une régularité comprise entre — 4 secondes et + 3 secondes (ou en termes ordinaires, comprise entre un retard de 4 secondes et une avance de 3 secondes); écart total = 7 secondes, environ un neuvième de minute par mois. Ces expériences ont eu lieu par une moyenne de température comprise entre + 10 degrés et + 25 degrés du thermomètre centigrade, avec un régime de compensation agissant seulement sur le spiral.

Trois pièces, établies sur le type Samuel, d'après les dernières données d'expériences, et munies d'un spiral isochrone et d'un balancier compensateur, ont fourni des marches trimestrielles se renfermant dans un écart de + 3 secondes et 2 dixièmes. Ces précédents paraissent de bon augure pour l'avenir de l'échappement *vertical-Samuel*.

Du reste, l'idée originale de ce mécanisme est fort ancienne : Sully, une des gloires de l'horlogerie française, a employé un échappement dans lequel figuraient des *repos* et des *impulsions* formés par deux disques minces superposés, entaillés de fentes obliques, qui se présentaient alternativement aux dents de la roue d'échappement. Cette invention fut empêchée de réussir par suite de complications accessoires qui en paralysaient le fonctionnement.

Tompion, horloger anglais, paraît avoir eu la même idée.

Julien Leroy reprit en main ce système, le simplifia en le débarrassant de tout l'attirail dont l'avait encombré Sully, obtint de bons résultats. M. Paul Garnier, une des illustrations modernes de l'horlogerie, a fait un échappement semblable, mais muni seulement d'*un disque* portant une large entaille sur laquelle agissaient *deux roues* dont les dents portaient des plans inclinés formant les levées. Il a obtenu de beaux résultats dans des pièces de voyage, fort bien traitées.

Mais, depuis Sully jusqu'à Samuel, les principes de la levée sur un plan *hélicoïde*, d'un repos *très-proche du centre*, d'une action produite de *bas en haut*, et d'une *liberté absolue* du balancier, n'avaient point été appliqués, on n'y avait même pas songé. Ainsi, tous les devanciers de Samuel employaient des plans inclinés droits, et non en hélice; tous également faisaient opérer les repos sur l'extrême circonférence, c'est-à-dire *loin du centre*; tous faisaient agir la roue de *haut* en *bas*, augmentant ainsi la pression sur le pivot et le contre-pivot inférieurs du balancier.

Sully et Garnier ont employé des disques *minces*, produisant des plans inclinés très courts, c'est-à-dire des levées insuffisantes. Julien Leroy avait muni son échappement d'une goupille destinée à limiter les vibrations du balancier; et dans tous ces anciens systèmes, on n'obtenait que des vibrations peu étendues (un demi-tour environ du balancier). Dans le nouvel échappement Samuel, le balancier est entièrement *libre* de ses mouvements; il peut réaliser des vibrations dont l'amplitude va jusqu'à 690 degrés (c'est-à-dire *deux tours* moins une minime fraction).

Enfin, terminons en notant que Samuel a le premier trouvé moyen d'employer le saphir, pour les cylindres hélicoïdes; avant lui, on n'avait fait usage que de l'acier, — différence majeure.

3° L'emboitage. — C'est l'enveloppe extérieure du mouvement. Elle consiste en une *boîte* ou *cage* en bronze, n'ayant qu'une seule ouverture ovale, du côté du cadran, fermée par une glace très-épaisse, scellée à demeure hermétiquement. Le mouvement y est introduit par dessous, et la plaque de fondation qui le soutient est assemblée avec la cage par de fortes vis. Tout cet assemblage est parfaitement clos, inaccessible à la poussière, à l'humidité, et pourrait au besoin supporter une immersion dans l'eau, sans qu'une seule goutte pénétrât à l'intérieur.

Pour le remontage hebdomadaire du mouvement, il existe, du côté opposé au cadran, un large bouton ajusté à frottement très-serré : en le faisant tourner *à gauche*, d'environ huit demi-tours, on arme complètement le ressort. Tout l'entretien de la pièce se borne là : aucune porte à ouvrir; aucune remise à l'heure. De même que les chronomètres dont on parlait précédemment, le type Samuel, qui aspire à être leur *auxiliaire,* doit poursuivre, seul et sans corrections, la marche exacte que lui ont préparée une construction et un réglage soignés.

Les pièces de voyage du type ordinaire sont emboitées avec beaucoup d'élégance, dans des cages munies de glaces sur toutes les faces ornées de colonnettes, de moulures, même d'émaux cloisonnés. Elles sont dorées ou nickelées, quelquefois décorées par un heureux mélange d'or et de nickel.

La disposition du mouvement est à peu près semblable à celle qu'on vient de décrire; seulement le barillet est plus petit, et les nombres adoptés pour les roues et les pignons sont les suivants :

	Pignons.	Roues.	
Barillet.		84 dents	Cette combinaison fait battre au balancier 18,000 vibrations par heure.
Grande moyenne	14	80 »	
Minutes.	10	64 »	
Petite moyenne.	8	60 »	
Trotteuse (roue d'angle).. . .	8	80 »	
Roue d'échappement	8	15	

Les échappements les plus employés sont, pour les pièces très-ordinaires, l'échappement à cylindre; pour les pièces soignées, l'échappement à ancre.

Nous allons décrire ces deux échappements, dont l'emploi est usuel, aussi, dans les montres. — Pour cette description nous faisons un emprunt au traité magistral de M. Cl. Saunier.

L'échappement à cylindre est représenté (fig. 17, 18 et 19).

R r', plan incliné, (Cette partie triangulaire se nomme *marteau*); r'', colonne; r''', vide entre deux dents appelé U; r, pointe de la dent (ou marteau); r', talon de la dent (ou marteau).

Disons préalablement que les dents, à profil relevé d'équerre, et terminées par des petits triangles, ont reçu certains noms particuliers.

Fonctions de l'échappement. — Supposons le cylindre, le ressort moteur n'étant pas armé, maintenu au repos par le spiral, et placé dans un vide entre les dents (dans un U).

On donne un tour de clef à la montre; la dent de la roue se présente contre une lèvre *a* du cylindre. Cette dent continuant son mouvement contre cette lèvre, la repousse en arrière sur toute la longueur du plan incliné, et oblige ainsi le cylindre (avec son balancier) à tourner vers la droite. C'est ce glissement du plan incliné contre la lèvre, qui constitue une *levée*. La levée terminée, la dent échappe définitivement à la lèvre par un petit saut brusque (la « *chute* »), et sa pointe va s'appuyer contre l'intérieur du cylindre *b* qui continue son mouvement circulaire par l'effet du poids du balancier. C'est alors qu'a lieu le *premier repos*, puisque la roue reste immobile, étant retenue par la pointe de sa dent contre l'intérieur du cylindre en mouvement *b* et *d*.

Ce repos doit durer jusqu'à ce que le spiral ait ramené le cylindre à sa pemière position. Le repos de la roue cesse aussitôt, parce que l'*incliné*, se trouvant arrivé au bord de la seconde lèvre *f*, glisse dessus en la poussant en arrière *g*, et opère ainsi la *seconde levée*, à la fin de laquelle la dent s'échappe définitivement du cylindre, ainsi qu'on le voit en *k*. Au moment où une dent s'échappe, la dent la suit, *h* vient s'appuyer sur la circonférence extérieur et commence ainsi un *second repos* qui ne cesse qu'au retour du cylindre ramené par le spiral.

Cette dent se trouvant alors dans la position indiquée en *a* remplit exactement les mêmes fonctions que nous venons de voir accomplir à la dent précédente et il en sera de même pour toutes les autres.

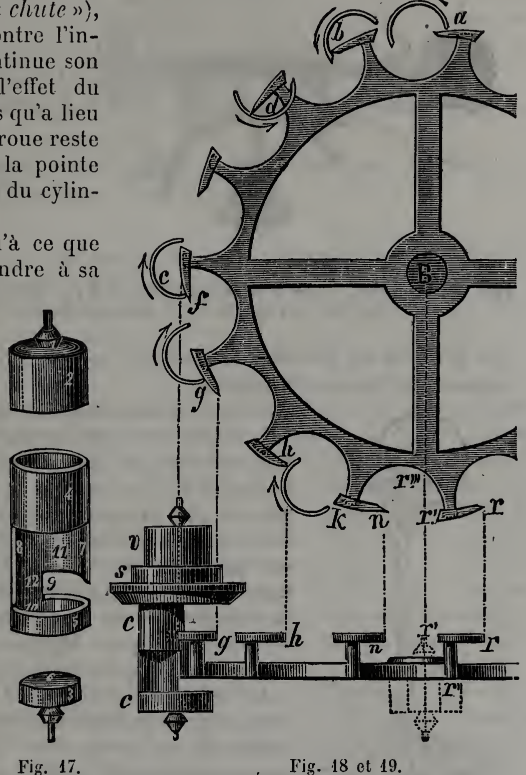


Fig. 17.

Fig. 18 et 19.
Échappement à Cylindre.

Fig. 17. — Détails du cylindre : 1,1 Tigerons ou (pivots sur lesquels tourne le système); *2*, grand tampon, ou tampon d'en haut; *3*, petit tampon, ou tampon d'en bas; *4*, grand canon; *5*, petit canon; *6*, face de tampon ; 7, grande lèvre, ou lèvre d'entrée; *8*, petite lèvre, ou lèvre de sortie; *9*, coche de renversement; *10*, plats de canons, *11*, portion communément nommée *repos* du cylindre; *12*, portion appelée dans les fabriques, *colonne* du cylindre (fig. 18 et 19). — Vues, en plan, et de profil, de la roue engrenant avec le cylindre.

On voit que chaque dent de la roue opère deux repos, l'un sur le dos et l'autre dans l'intérieur du cylindre ; et deux levées, une sur chaque lèvre. Ces deux levées réunies constituent la levée totale de l'échappement. — Chaque incliné pousse ainsi, alternativement, le cylindre à droite et à gauche pour le

mettre en mouvement, et lui restituer, par une nouvelle impulsion la force nécessaire à l'entretien des vibrations.

L'entaille désignée sous le nom de *coche de renversement* (9 fig. 17) a pour effet d'empêcher le battement de la lèvre contre le bras des U, et de permettre au balancier de décrire un tour entier.

L'échappement à cylindre est de ceux qu'on nomme à *repos frottant*, parce

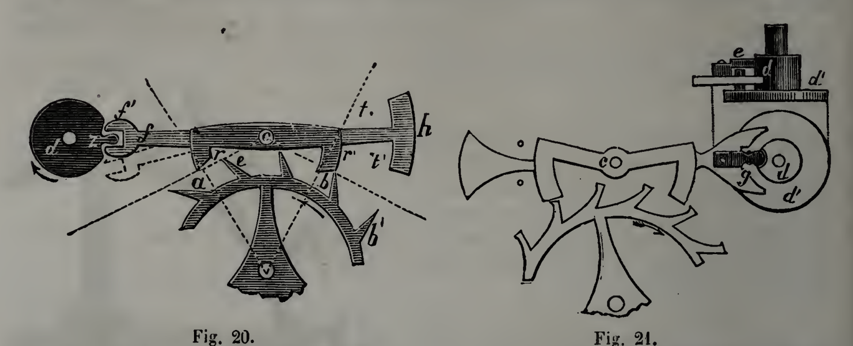


Fig. 20. Fig. 21.

Fig. 20. — *aebi*, roue d'échappement; *hcff*, ancre et fourchette fixés sur un axe spécial, au centre *c*; *d*, plateau fixé sur l'axe du balancier.

que le *repos* de la dent s'opère par voie de *frottement* sur le mobile même auquel elle donne l'impulsion.

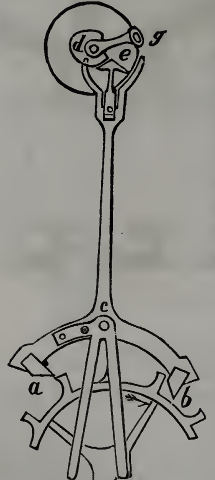


Fig. 22.

L'échappement à ancre est représenté (fig. 20, 21, 22).

Les fonctions sont faciles à comprendre : dans la position indiquée par la fig. 20, la dent *b* est en prise sur le plan incliné *b* de l'ancre ; elle le repousse en glissant; cette impulsion fait *reculer* ce bras de l'ancre et avancer l'autre bout (ou fourchette) *ff'*. Dans ce mouvement la fourchette entraîne avec elle le doigt *z* du plateau *d*, qui tourne alors dans le sens de la flèche ; ce mouvement va jusqu'à placer la fourchette dans la position indiquée au pointillé, position qu'elle ne peut dépasser, car son bras opposé est limité entre les deux goupilles d'arrêt *tt'*.

Le balancier continue sa vibration supplémentaire, et, à son retour le doigt d'action *z* vient rentrer dans la fourchette qui est restée dans sa position pointillée, maintenu par la pression de la dent *c* sur la face plate (ou repos) *r*. — Entraînée par l'élan du doigt d'action, la fourchette revient avec lui du côté *f'* ; ce mouvement fait reculer aussi la face *r* qui glisse devant la dent *c* jusqu'à ce que celle-ci vienne appuyer sur le plan incliné *a* auquel elle donne impulsion. Alors la fourchette *f* reçoit un mouvement plus accéléré, au lieu d'être entraînée par le doigt *z* le pousse à son tour : cette nouvelle action a pour résultat de restituer au balancier un élan nouveau et de lui faire accomplir sa vibration supplémentaire. Au moment de cette fonction, le plan *b* s'est abaissé vers la roue, et la dent *b'* est venue se placer sur la face plate *r'*; par cette pression de la roue tout le système est maintenu immobile, jusqu'à ce qu'au retour du balancier les mêmes fonctions s'accomplissent, ainsi que nous venons de le voir.

Les fig. 21 et 22 représentent deux dispositions du même échappement plus usitées que la précédente, chez les horlogers français et suisses. — On remar-

quera que, dans ces deux types, les dents de la roue, au lieu d'être aiguës (comme dans le type anglais, fig. 21) sont élargies vers leur extrémité qui est façonnée en plan incliné très-favorable aux fonctions, et très-apte à la conservation de l'huile. Les types des fig. 20 et 21 sont dits « *ancres de côté;* » le type de la fig. 22 est dit : « *ancre ligne droite* ». C'est la disposition la plus estimée; elle s'emploie surtout dans les pièces de luxe et de haute précision. — Les *repos* et *inclinés* y sont faits en *rubis* ou *saphir* poli, ce qui procure des frottements plus doux, et leur fournit des surfaces, pour ainsi dire indestructibles.

L'échappement à ancre est certainement un des meilleurs et des plus parfaits que l'on emploie : il est de ceux que l'on nomme *libres*, parce qu'il permet au balancier d'accomplir *librement*, c'est-à-dire sans contact avec le rouage ou avec aucune pièce intermédiaire l'arc supplémentaire de sa vibration; le contact étant borné au seul moment de la *levée* (ou impulsion sur les plans inclinés).

V. — Horlogerie ordinaire ou à l'usage civil. — Horloges. — Réveils. Pendules. — Montres.

Nous arrivons à une classe d'horlogerie, moins importante au point de vue scientifique, mais très-intéressante à raison de ses innombrables applications dans la vie usuelle. En effet, l'horloge, la pendule, la montre sont le complément de notre existence, et représentent le premier desideratum de l'individu, de la famille, de la cité : ce sont les signes sensibles de la civilisation.

Pour cette branche de l'horlogerie, l'objectif du fabricant a été par dessus tout, la fabrication et la vente à bon marché. On a donc réalisé des prodiges d'économie sur tous les points; outillage, matières premières, façon des pièces, organisation des *types* ou *calibres*, division du travail chez les ouvriers spécialistes, tout a été disposé de telle sorte, qu'aujourd'hui l'horlogerie commune produit des pendules, des montres, des réveils à 5 fr., à 3 fr. et même à 2 fr. 50 la pièce. Ce qu'il est possible d'admirer, à ce sujet, c'est l'acuité d'intelligence et le génie parcimonieux qui ont amené de tels résultats; mais, au point de vue artistique et scientifique, cet abaissement phénoménal des prix de revient fait gémir, car il a ravalé au-dessous des plus vils métiers l'industrie horlogère; et on peut entrevoir, dans l'avenir, un moment commercial où la production s'éteindra, les producteurs écœurés renonçant à cette ingrate besogne. Sans être pessimiste on peut dire aussi que cette soif effrenée du vil prix a fait disparaître les bons ouvriers et les bons ouvrages : quelques rares débris, souvenirs de l'ancien temps, surnagent çà et là dans la marée montante des incapacités, ils sont difficiles à trouver, bientôt on n'en trouvera plus : et lorsque par hasard on fait la rencontre d'une belle pièce, on se prend à penser qu'elle est d'un siècle précédent.

Nous aimons cependant à reconnaître qu'il existe un groupe relativement considérable, de producteurs et de produits estimables; c'est en eux que réside le salut et l'avenir de l'horlogerie : c'est sur eux que nous appelons l'attention de nos lecteurs.

Le type le plus ancien et le plus répandu, c'est l'HORLOGE dans sa haute caisse en chêne, avec son grand balancier dont la lentille, à *facies* solaire, scintille au travers du guichet rond qui l'éclaire. — Elle est à *sonnerie*, à *réveil*, quelquefois à *quantième*.

La description sommaire des principaux organes du mouvement et de la sonnerie, contenue dans nos études sur l'Exposition de 1867 (pages 5 à 12, fig. 1, 2 et 8), suffit pour faire comprendre les divers fonctionnements d'une horloge et de la sonnerie : nous renvoyons donc le lecteur à ce travail, que

nous allons compléter par la description de ce qu'on appelait autrefois sonnerie à *quatre parties,* et qu'on nomme aujourd'hui *répétition* et *grande sonnerie.* Sous cette dénomination on désigne les horloges ou pendules qui sonnent les heures, les demies et les quarts; et qui, de plus, lorsqu'on agit sur un organe

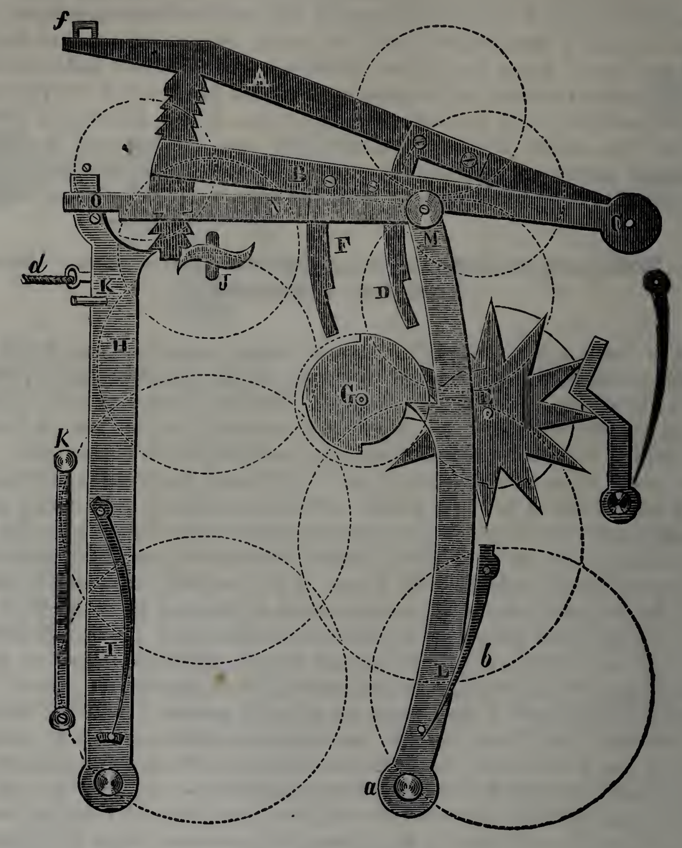


Fig. 23. — Cadrature.

spécial à portée de la main, *répètent* à volonté cette sonnerie. Leur mécanisme offre de nombreuses analogies avec celui des *montres à répétition,* si fréquentes aux mains de nos pères, et si rares aujourd'hui, par la grâce du bon marché. — Nous les étudierons simultanément, et nous indiquerons les points similaires. L'ensemble des pièces qui déterminent la *marche* et *l'arrêt* de la sonnerie (abstraction faite du rouage) se nomme *cadrature.* La cadrature dont nous nous occupons est représentée par la fig. 23. — Au lieu d'un *chaperon* avec *roue de compte,* (fig. 8. *Études sur l'Exp. de* 1867. T. I. page 74) c'est ici une sonnerie à *râteau* ou *crémaillère,* ainsi que nous allons le voir.

Les deux crémaillères A et B ont le même centre C. La crémaillère A est montée sur un axe muni de deux pivots roulant, l'un dans la platine, l'autre dans un pont rapporté. Elle est placée près de la platine, et porte sur le dos convexe de son bras en équerre douze dents semblables à celles d'une scie, peu profondes; sur la partie concave du même bras, douze autres dents de même

forme, mais plus saillantes que les premières. La crémaillère B est fixée sur un canon enfilé à frottement libre sur l'axe de l'autre : elle ne porte que trois dents, en dedans et en dehors, semblables à celles qu'on vient de décrire. Un bras D fixé à la crémaillère A repose lorsque la crémaillère est libre, sur le *limaçon* des *heures* que porte l'étoile E; par là se trouve réglée la quantité de coups que doit sonner l'horloge.

La crémaillère B porte pareillement un bras F, lequel va reposer sur le limaçon des *quarts* G : ainsi est déterminé le nombre des quarts à sonner. Une *détente* H , sans cette poussée par un ressort, vers les crémaillères, en retient les dents au fur et à mesure qu'elles sont relevées par les cames en forme d'S, fixées au pignon J. Le pignon porté sur le prolongement de l'axe de la roue d'*Étoteau* porte deux chevilles diamétralement opposées : elles servent à arrêter le rouage quand la sonnerie a eu lieu. A cet effet, le bec de la détente H entre dans la dernière dent (plus profonde que les autres) des crémaillères, et la cheville K que porte cette détente, vient rencontrer une des chevilles du pignon J, ce qui arrête le rouage. La pièce L est la détente principale qui met tout en jeu : son centre de mouvement est en *a* : le ressort *b* la sollicite constamment à s'appuyer contre le limaçon G : cette détente porte à la charnière la pièce horizontale M N O; c'est cette dernière pièce qui fait partir le rouage, voici comment :

La pièce L M porte, en *c* un talon façonné en plan incliné du côté L, et coupé horizontalement dans la direction du centre G. La roue des minutes, qui passe sous le limaçon G des quarts, porte quatre chevilles placées aux extrémités de deux diamètres perpendiculaires l'un à l'autre. Trois de ces chevilles, consécutives, sont un peu plus près du centre que la quatrième. Ces trois chevilles poussent la détente L M juste de la quantité nécessaire pour laisser échapper la crémaillère des quarts, seule : la quatrième pousse la détente un peu plus loin; alors les deux crémaillères tombent en même temps : les quarts, d'abord; les heures, ensuite, sonnent, et tout s'arrête, comme nous venons de le dire.

Voici le résultat du mouvement imprimé à la détente L M par les poussées des chevilles. — Cette détente, en reculant, entraîne la pièce horizontale M N O. — Cette pièce, au point O, est plus étroite, et présente comme un escalier : la pièce L M, en se reculant par l'effet des quatre chevilles, fait tomber l'encoche O au devant de la partie supérieure de la détente H, et lorsque la cheville est passée, la pièce L M, sollicitée par son ressort *b* repousse la pièce N O, qui, elle-même, fait reculer la détente H, dégage le rouage, et fait tomber les crémaillères. — Alors les dents du pignon J relèvent progressivement les crémaillères; l'Esse (S) portée sur le même pignon, soulève la pièce N O et l'empêche d'accrocher la détente H, jusqu'à ce que les heures et les quarts aient fini de sonner : enfin la détente H s'avançant autant que le permet la dernière (et plus profonde) dent des crémaillères, la palette (ou cheville) K arrête le rouage. Lorsqu'on veut faire agir la sonnerie, pour lui faire *répéter* les heures (de là le nom de *répétition*), il suffit de tirer le cordon *d* attaché à la détente H : alors, les fonctions précédemment décrites se reproduisent; on le comprend à la simple inspection de la figure 23.

Voyons, maintenant, comment agit le mécanisme analogue qui se trouve dans les montres dites à répétition. Ici il s'agit de fonctions qui ont lieu seulement lorsqu'elles sont mises en jeu par le propriétaire de la montre : c'est-à-dire que les heures ni les quarts ne sonnent spontanément par l'effet du mouvement horaire. Un *poussoir*, placé au *pendant* (bellière ou anneau sur lequel s'attache le cordon) de la montre, lorsqu'on appuie dessus, arme le ressort de la sonnerie. Ce ressort, en se déployant, met en action le *petit rouage* spécial

composé de cinq roues commandant cinq pignons. — Cette composition du rouage a pour but de *faire volant*, pour modérer la vitesse avec laquelle se déroulerait le ressort s'il était livré à lui-même. Dans ce mouvement, la première (ou *grande*) roue entraîne avec elle un crochet, dont les dents accrochent le marteau des heures ou celui des quarts : c'est ce qui constitue la sonnerie. Les fig. 24, 25 et 26, reproduisent ce mécanisme qui mérite une description détaillée, et dont l'ensemble a reçu le nom de *cadrature*.



Fig. 24. — Cadrature. Ancien système.

La fig. 24 représente l'ancien système, aujourd'hui modifié mais dont plusieurs pièces importantes ont été conservées, et sont toujours en usage. Le *petit rouage* est ainsi composé :

1re grande roue,	42 dents,	commande	un pignon de	6	ailes et fait	7 tours.
2e roue,	36	—	—	6	—	42 —
3e —	33	—	—	6	—	231 —
4e —	30	—	—	6	—	1.155 —
5e —	25	—	—	6	—	4.812t,1/2
6e et dernier pignon formant volant.						

Pour arriver facilement à régler la vitesse du rouage, on fait rouler un des pivots du 6e pignon dans un bouchon excentrique fixé à frottement ferme dans la petite platine, et terminé en saillie par un carré. En faisant tourner cet excentrique du côté de V ou de L gravés sur la platine, on *éloigne* ou on *rapproche* la pénétration de l'engrenage de ce pignon avec la roue précédente, et la sonnerie marche plus *vite* ou plus *lentement*.

La première grande roue est creusée en forme de barillet pour recevoir le ressort moteur : dans le prolongement de son axe inférieur, elle porte un rochet muni de 12 fortes dents A' (cette pièce n'est pas figurée pour éviter la confusion) lesquelles ont pour mission d'accrocher la *levée* du *marteau des*

heures, et de faire ainsi sonner les heures. (Cette levée, non plus que le marteau, n'ont pu être figurés, car ces deux pièces sont de l'autre côté de la grande platine : on voit le marteau *m* fig. 26). — Quant à la levée, que nous appellerons *m* (fig. 24 bis), elle est à peu près de même forme que la levée *q r* visible dans la fig. 24, qui lui ait superposée) : la première roue porte, dans le prolongement de son axe supérieur, une poulie A sur laquelle s'enroule une chaine qui y est fixée par un bout, et qui sert à transmettre l'action du poussoir. Le même axe porte encore une *levée d* dont les fonctions seront ultérieurement appliquées. Deux chevilles 2 et 3 (fig. 24 et 24 bis) sont fortement fixées au marteau M représenté, plus grand que nature, dans la fig. 24 bis. — Ces chevilles traversent la grande platine et parviennent jusqu'à la cadrature : elles jouent librement dans des boutonnières ainsi que l'indique le dessin. La cheville 3 reçoit l'action du ressort *s* qui anime le marteau pour faire frapper les heures. La cheville 2 sert à faire sonner les quarts, comme on va le voir.

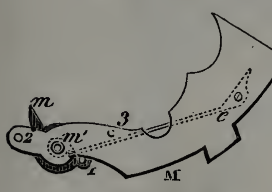


Fig. 24 bis. Levée.

Ce même grand marteau remplit deux fonctions : il sonne les heures lorsqu'il est mû par le crochet A′ et la grande levée *m* pourvue de sa cheville 1 : il sonne les quarts sous l'action de la petite levée *q* et la cheville 2, actionné par la pièce *i l o n* Q Z dont il va être parlé. Le second marteau, dit *petit* marteau, ou marteau des *quarts*, vu en *r′ m′*, fig. 26, et dont on voit le pivot *r′* la levée *q′*, et la cheville 4, fig. 24, sonne les quarts, sous l'action successive des trois dents Z de la pièce *i l o n* Q Z, qui agissent sur la levée *q′*. C'est le ressort *u* qui fait frapper les quarts en sollicitant la cheville 4.

Les levées des deux marteaux sont fixées sur les axes, de façon à pouvoir rétrograder sans repousser les marteaux, lorsque les crochets de la cadrature reviennent à leur place initiale. Les levées n'agissent sur les marteaux que pour faire sonner; au marteau des heures l'action de la levée se transmet par la cheville 1. ; et au marteau des quarts, par la cheville 4. D'autres organes, encore sont à signaler :

La *Pièce des quarts i l o n* Q Z, dont on vient de parler, est une pièce mince d'acier dont le centre de mouvement est en *i*; elle est commandée par le ressort I *i* dans le sens indiqué par la flèche. Elle porte, en *l* trois dents, en Z trois autres dents : les premières agissent sur le marteau des heures (pour le faire participer à la sonnerie des quarts), les secondes agissent sur le marteau des quarts. — Le petit marteau frappe le premier, le grand aussitôt après, de façon à frapper un coup redoublé qui distingue cette sonnerie de celle des heures. — La pièce porte un bras *o* destiné à repousser la cheville 1 pour mettre hors de prise la grande levée *m*. — Elle porte encore un bec *m″* qui a pour fonction de tenir relevé le bout H du *Tout ou rien* H *f h* G *K* T dont nous parlerons tout à l'heure. — Le butoir *n* repose sur le *limaçon* N des quarts, et sert ainsi à déterminer le nombre des quarts qui doivent être sonnés. — Enfin, la pièce des quarts porte en *l*, une cheville qu'accroche la levée *d* agissant dans le sens de la flèche pour ramener le système au repos. Le *Tout ou rien* est une plaque d'acier mince figurée en T R G *f* H et qui se meut sur le centre T. Cette pièce est sur le même plan que la pièce des quarts dont nous venons de parler. Un ressort *h* la tient pressée contre le *plot f* qui a un petit jeu dans la boutonnière que représente la figure.

Ce même *Tout ou rien* porte, par dessous, en *c′* l'*Étoile* D et le *limaçon* E des heures. Ces deux organes tournent librement sur le centre *c′*, et sont rendues solidaires l'un de l'autre par deux petites vis. Un *valet v′*, avec ressort

fixe l'Étoile D; chacune de ses douze dents tourne en 12 heures, (une dent par heure). Sur le même plan se trouvent encore le *limaçon* N des quarts et la *surprise*. Ces deux pièces sont ajustées à frottement très-ferme sur l'axe de la roue (ou aiguille) des minutes. La *surprise* est une autre pièce d'acier mince, à peu près de même forme que le limaçon (on en voit une extrémité en *t'*) tournant librement sur le même axe, mais d'un mouvement limité par le jeu de la goupille *y* dans sa boutonnière. La *surprise*, par le moyen d'une cheville placée en dessous, fait tourner d'une dent, à chaque heure, l'étoile D. La pièce *v c a* est la *crémaillère* : son centre de mouvement est en *v*. Elle agit sous l'action du poussoir *p h'*, et, sous cette action elle met en jeu la sonnerie, en tirant la chaîne qui y est accrochée en *a*. Un détail important de cette pièce est son *talon b y* dont le bout *y* vient reposer sur le limaçon des heures, ce qui règle l'enfoncement du poussoir, et, par suite, le nombre d'heures à sonner. A la simple inspection du dessin on comprend comment fonctionne la chaîne *a c c* A; elle se déroule sur la poulie de renvoi B.

Le jeu de tout ce système est facile à comprendre : la fig. 24 représente les choses au moment où le poussoir a été enfoncé : il a abaissé la crémaillère, jusqu'au contact du talon *b y* de cette dernière sur le limaçon des heures : en recevant ce contact, le limaçon a reculé un peu, avec le tout ou rien; ce petit mouvement a dégagé la pièce des quarts qui n'est plus retenue par le bec du tout ou rien. En même temps, tirée par la chaîne, la poulie A a tourné d'un mouvement opposé à celui indiqué par la flèche; la levée *d* a reculé, laissant libre la cheville *l* de la pièce des quarts, et cette pièce a reculé elle-même sous l'action du ressort I *i* jusqu'au point réglé par le limaçon des quarts. Alors tout est prêt pour sonner : aussitôt qu'on laisse le poussoir libre de reculer, le rouage se met en mouvement, le rochet A' accroche successivement par chacune de ses dents la levée du marteau des heures. — Les heures sonnent en nombre proportionnel à l'enfoncement réglé par le talon *b y* — Aussitôt après, la pièce des quarts, ramenée par le *doigt* (ou levée) *d* A, se met en mouvement, ses dents *l* et Z accrochent les levées des deux marteaux et sonnent le nombre de quart, réglé par le limaçon des quarts, ainsi qu'on l'a expliqué précédemment. La sonnerie terminée, l'arrêt de tout le système est déterminé par le retour complet de la pièce des quarts dont le bras *m''* vient en contact avec le bec H du tout ou rien, et le bras *o* vient reposer sur la levée *q* et aussi sur la cheville 1 du marteau des heures.

Les fig. 25 et 26 représentent les cadratures modernes actuellement en usage. A l'aide des explications précédentes, il sera facile de comprendre leur fonctionnement, qui s'opère d'une façon analogue, et avec les mêmes pièces, disposées autrement. — La seule modification notable à signaler est la suppression de la chaîne : la crémaillère agit directement, sous l'impulsion du poussoir sur un pignon fixé à l'axe du ressort de sonnerie. Les marteaux frappent sur des ressorts timbres *k k'* (fig. 26). Ces ressorts sont configurés en deux cercles concentriques à la platine, sur laquelle ils sont fixés : par cette disposition ils acquièrent une sonorité et une gravité de son supérieures à celles d'un timbre ordinaire, tout en occupant beaucoup moins de place. La pièce des quarts Q porte un vide intérieur dans lequel se meut le doigt de levée *d* situé sur le même plan. Son centre de mouvement est en Q et elle est commandée par le ressort I *n* dans la direction indiquée par la flèche *n*. — Le limaçon des quarts N *e* sert d'appui au talon *e*. Le bec H se trouve en prise, en H avec le tout ou rien *h b* H.

Le tout ou rien T *c' h* H a son centre de mouvement en T son fonctionnement est facile à comprendre, à l'inspection de la figure. Il est également facile de se rendre compte des fonctions du poussoir et de la crémaillère P H.

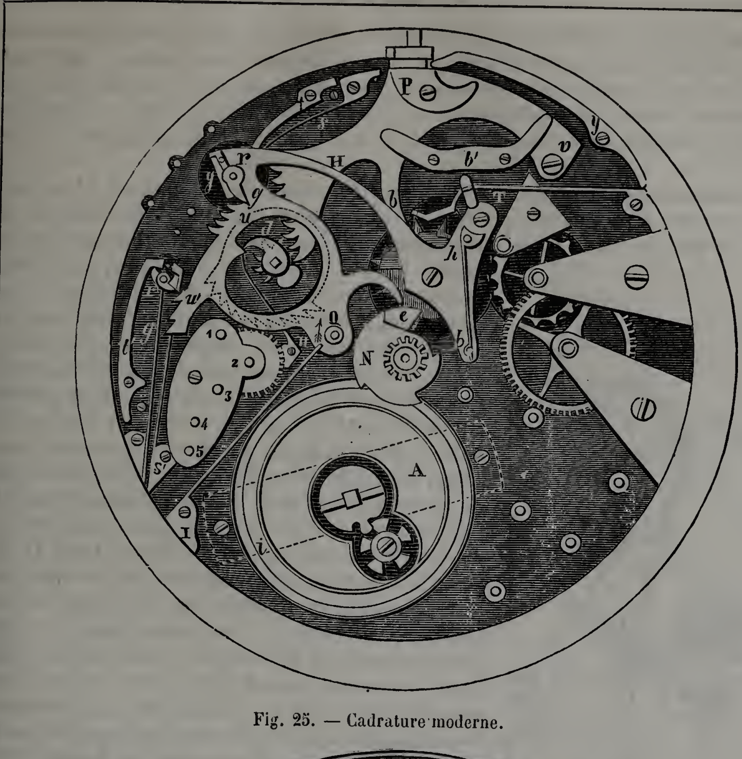


Fig. 25. — Cadrature moderne.

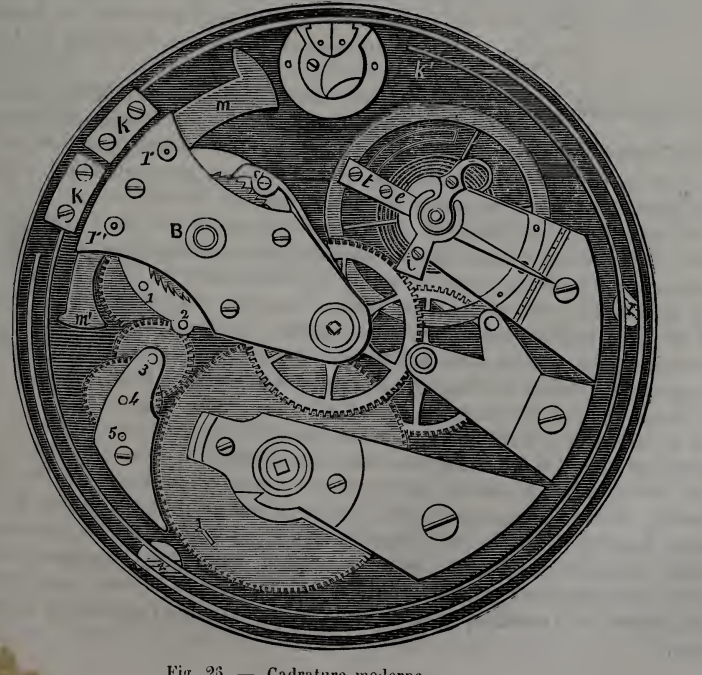


Fig. 26. — Cadrature moderne.

— Cette dernière, pour armer le ressort de sonnerie, agit directement sur le pignon *d*. Les fonctions du grand marteau *r*, du petit marteau *r'*, sont conformes aux explications précédentes : la sonnerie des quarts est effectuée par les dents en rochet que porte en *u* et *u'* la pièce des quarts. — Enfin, les mobiles du rouage sont indiqués par 1, 2, 3, 4, 5, dans les deux figures 25 et 26.

Mécanisme des réveils. — Plusieurs systèmes sont employés : tous sont basés sur cette combinaison qui consiste à suspendre le jeu de la sonnerie du réveil, au moyen d'une *détente* formant *arrêt*, laquelle détente devient libre et donne liberté au rouage, lorsque, à l'heure voulue, le mouvement horaire supprime, pour un instant, l'obstacle qui tenait la détente relevée. Les fig. 27, 28 et 29 représentent ce mécanisme, tel qu'il est en usage dans les montres. Le moteur est le rochet A. (fig. 27.) Il est sollicité par un ressort en barillet suivant la façon ordinaire, et qu'on arme au moyen d'une clef lorsqu'on veut faire fonctionner le réveil : une roue et un pignon servent d'intermédiaires, afin de procurer une sonnerie rapide, et d'assez longue durée. Ce sont les roues pointillées D et C. Ce rochet B fait mouvoir rapidement le marteau (invisible dans la figure) dont l'axe muni d'une levée est vu en E. — Une autre levée F *f* engrenant avec la précédente, au moyen d'une dent *r* procure une double action et, par conséquent, une batterie précipitée, au marteau. Une goupille *b*, fixée perpendiculairement sur la tige du marteau, sert à arrêter ce dernier lorsqu'un contact a lieu avec le bout *b* de la détente O *b*.

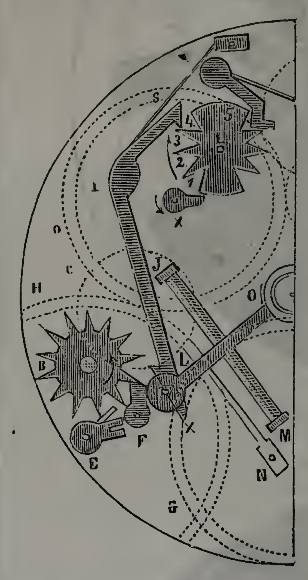


Fig. 27. —Mécanisme des réveils.

Cette détente O *b* est mobile, autour d'un axe horizontal M J : par conséquent son extrémité O peut s'abaisser, lorsque son autre bras *b* s'élève, poussée de bas en haut par le ressort N L ; alors la goupille *b* du marteau étant dégagée, le réveil sonne. — Voici l'appareil qui détermine les fonctions de la détente : son bras O repose constamment sur le centre de la roue des heures placée sous le cadran. L'aiguille des heures est pourvue d'un canon R (fig. 28); entre le cadran et l'aiguille des heures, est placée l'aiguille du réveil P Q *d* fixée à frottement *gras* sur le cadran. Cette aiguille est entaillée en *d* avec plan incliné se dirigeant vers Q. — Notons que le canon de l'aiguille des heures passe sans toucher dans le trou de l'aiguille de réveil : en même temps cette aiguille des heures et sa roue sur laquelle elle adhère, peuvent glisser librement sur leur axe, dans le sens longitudinal : de telle façon que si l'on suppose les deux aiguilles, en place, enfilées l'une dans l'autre, le petit butoir *r* de l'aiguille des heures plongé dans l'entaille *d* de l'aiguille de réveil remontera et fera remonter avec lui l'aiguille des heures, le long du plan incliné *d* Q lorsque la rotation horaire s'accomplira : pareillement, lorsqu'au bout d'un tour entier, le butoir *r* sera arrivé à l'entaille *d*, il y tombera, et avec lui l'aiguille et la roue des heures.

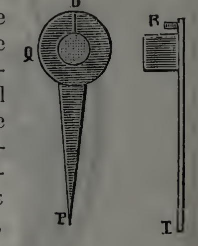


Fig. 28. — Canon.

Dans cette chûte, le bras O de la détente (qui, avons-nous dit, repose sur la roue des heures) s'abaissera, l'autre bras *b* s'élèvera et, le jeu du marteau devenant libre, le réveil sonnera à l'heure où l'on aura placé l'aiguille du réveil. La pièce d'arrêt U sert à déterminer le nombre de tours dont on arme le ressort : la pièce S I X a son centre de mouvement en I, elle sert à l'arrêt de la sonnerie. Lorsque le ressort du réveil est armé et pendant qu'il agit pour faire sonner, le bout S repose sur la partie non dentée (de 5 à 4) de la pièce d'arrêt U. — En se dévidant, le ressort fait tourner le doigt Z fixé sur son axe; ce doigt, à chaque tour, fait reculer successivement les dents 3, 2, 1 dans le sens indiqué par les flèches. Lorsque, après ses quatre tours accomplis, ce doigt arrive à reposer sur la partie inférieure de l'arrêt U (c'est le moment représenté par la figure), le bout S tombe dans le cran 4 3; l'autre bout X, qui porte une petite échancrure demi ronde, s'approchera de la cheville *b*, l'embrassera dans son échancrure en le poussant, et ainsi le marteau sera tout à coup arrêté. Une heureuse modification a été faite, par M. Henry Robert, à ce système, qui présente plusieurs défectuosités au point de vue des frottements et de la régularité des fonctions. — La fig. 29 représente ce mécanisme. L'équerre S' B C remplace, à lui seul, les pièces Q, E, S (figurées au pointillé) de la détente que l'on vient de décrire. — Le départ de la sonnerie est déterminé par la chûte du bec C dans une entaille P pratiquée au disque O., lequel tourne à frottement gras sur la roue des heures, et opère sa révolution en douze heures. — La roue d'arrêt F, au moyen de sa partie non dentée *d*, sert à tenir soulevé le bras S' B C qui repose sur elle par un talon S' : alors le bec C porte sur la circonférence du disque O jusqu'à ce que l'entaille P lui permette de retomber.

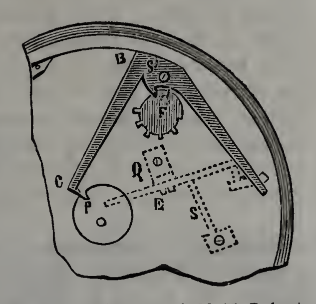


Fig. 29. — Mécanisme de M. H. Robert.

Aujourd'hui, en modifiant plus ou moins quelques détails de ces deux systèmes, on construit de petites pièces d'horlogerie (... si on peut les décorer de ce nom !) dont les prix sont abaissés jusqu'à la somme de 4 fr., 6 fr., 10 fr., et qui fonctionnent néanmoins, malgré les infirmités inimaginables de leur construction.

Pendules. Après tous les détails qui précèdent, il nous reste peu de choses à dire pour faire comprendre le mécanisme des pendules d'appartements. — Il suffira de présenter au lecteur quelques dessins figurant l'ensemble du mouvement et des dispositions intérieures.

La fig. 30 représente, en plan, les organes qui se trouvent sur la première platine, immédiatement sous le cadran. — Les deux carrés des arbres de barillets, avec leurs rochets (à droite, le barillet du *mouvement* horaire, proprement dit; à gauche, le barillet de *sonnerie*). — Au centre, la *minuterie* composée de 3 roues fonctionnant par l'action de la *roue des minutes*. — Sur la gauche et vers le haut, la *détente* (sous forme d'équerre) de sonnerie. Cette détente repose, par son bras horizontal, sur le canon de la roue des heures, laquelle, au moyen de deux chevilles faisant fonctions de cames, soulève la détente, et dégage ainsi (aux heures et aux demi-heures) la sonnerie qu'entrave le bras vertical de cette détente. La fig. 31 représente, en plan, le double rouage du *mouvement* et de la *sonnerie*, vu par derrière, c'est-à-dire par la face opposée au cadran. — A gauche est le rouage du mouvement (dessin très-ombré); à droite celui de la sonnerie (dessin blanc); dans le haut on voit l'*ancre* A qui constitue le dernier organe de l'échappement (mouvement) et le *volant à ai-*

lettes V, dernier organe du rouage de sonnerie auquel il sert de modérateur. La fig. 32 représente, en plan, la vue par derrière, de la platine du fond, vue par l'extérieur : là figurent divers organes complémentaires de la sonnerie; le chaperon sur la droite; le timbre, au milieu (figuré à part dans la partie inférieure du dessin) ; le fil de soie (au sommet) qui forme la suspension du pendule.

La fig. 33 représente une coupe, en profil, de tout le mécanisme du *mouvement horaire;* la fig. 34 représente une coupe, en profil, du mécanisme de la sonnerie. Les fig. 35, 36, 37 et 38 représentent les divers échappements (tous à *ancre*) actuellement usités.

Montres. — Il nous reste également peu de chose à dire sur cette partie, si usuelle, de l'horlogerie. Dans nos *Études sur l'Exp. de* 1867 (pages 8, 9, 10, fig. 3, 4, 5, 6, 7) nous avons donné une idée complète de l'ancienne montre (dite à *roue de rencontre*). Dans les divers développements qui précèdent, et notamment par les fig. 17, 18, 19, 20, 21, 22 qui traitent des *échappements* les plus usités; par les fig. 24, 25, 26 qui traitent des *répétitions* nous avons donné tous les détails nécessaires pour l'intelligence du mécanisme et de la forme usités dans les montres modernes. Un point intéressant est encore à examiner : c'est la création toute récente du mécanisme qui permet de *remonter* et *remettre à l'heure* une montre sans faire usage d'une *clef.*

Montres à remontoir. — On appelle ainsi celles qui sont construites d'après cet excellent système. Nous en empruntons la description à l'ouvrage très-remarquable de M. Adrien Philippe, intitulé Les montres sans clef (1863. Lacroix éditeur). Cet auteur est une autorité dans la matière, puisqu'il est l'inventeur et le créateur du type aujourd'hui le plus généralement adopté. « Les fig. 1, 2, et 3 (planche III[e]) représentent l'ensemble du mécanisme. A *a* B et *c*. (fig. 1[re]) en sont les pièces fondamentales ; c'est par elles que le ressort est chaque jour remonté; ce sont elles qui remplacent la clef. — A *a* est un pignon à longue tige passant dans le pendant de la montre, et dont l'extrémité inférieure pivote dans un petit pont en acier *k* fixé à la platine par une vis. Ce pignon est vu séparément (fig. 7). *(Les mêmes lettres désignent les mêmes pièces dans les différentes figures).*

B est la roue à couronne dentée menée par le pignon *a*; *c* est le rochet fixé sur l'arbre du barillet, ce rochet engrène avec la roue à couronne dentée, et en tournant sous l'action de cette dernière il arme le ressort. Le ressort cliquet *r r* (vu en plan fig. 7) forme un encliquetage très-simple et solide : il est fixé latéralement au pont du barillet.

La fig. 2 est une vue de la montre, retournée du côté opposé à celui de la fig. 1[re] : elle représente les organes de la mise à l'heure. Il y a lieu de remarquer d'abord le ressort *v*, qui sert à maintenir le pignon de remontoir toujours engagé avec la couronne de la roue B. Ce ressort a une tête saillante et angulaire qui pénètre dans une gorge (ou rainure) circulaire pratiquée, à cet effet dans le corps du pignon. Sur le prolongement inférieur de la tige du pignon A *a* est fixé le canon *d*, qui se nomme *petite roue de champ de mise à l'heure*, ou simplement *mise à l'heure*. Cette pièce est libre sur l'axe, et n'est point entraînée avec le pignon *a* lorsqu'on remonte le ressort : elle est tenue en prise avec la minuterie au moyen d'une pièce d'acier *e* fixée à la platine, et dont le bout, terminé en forme de langue, passe librement dans une gorge circulaire pratiquée à la petite roue. — Cette petite roue est formée de deux parties distinctes, ainsi qu'on va le voir : la pièce *d* (fig. 8) est le canon ajusté librement sur la tige A *a*; *f* est un autre canon denté percé d'un trou assez

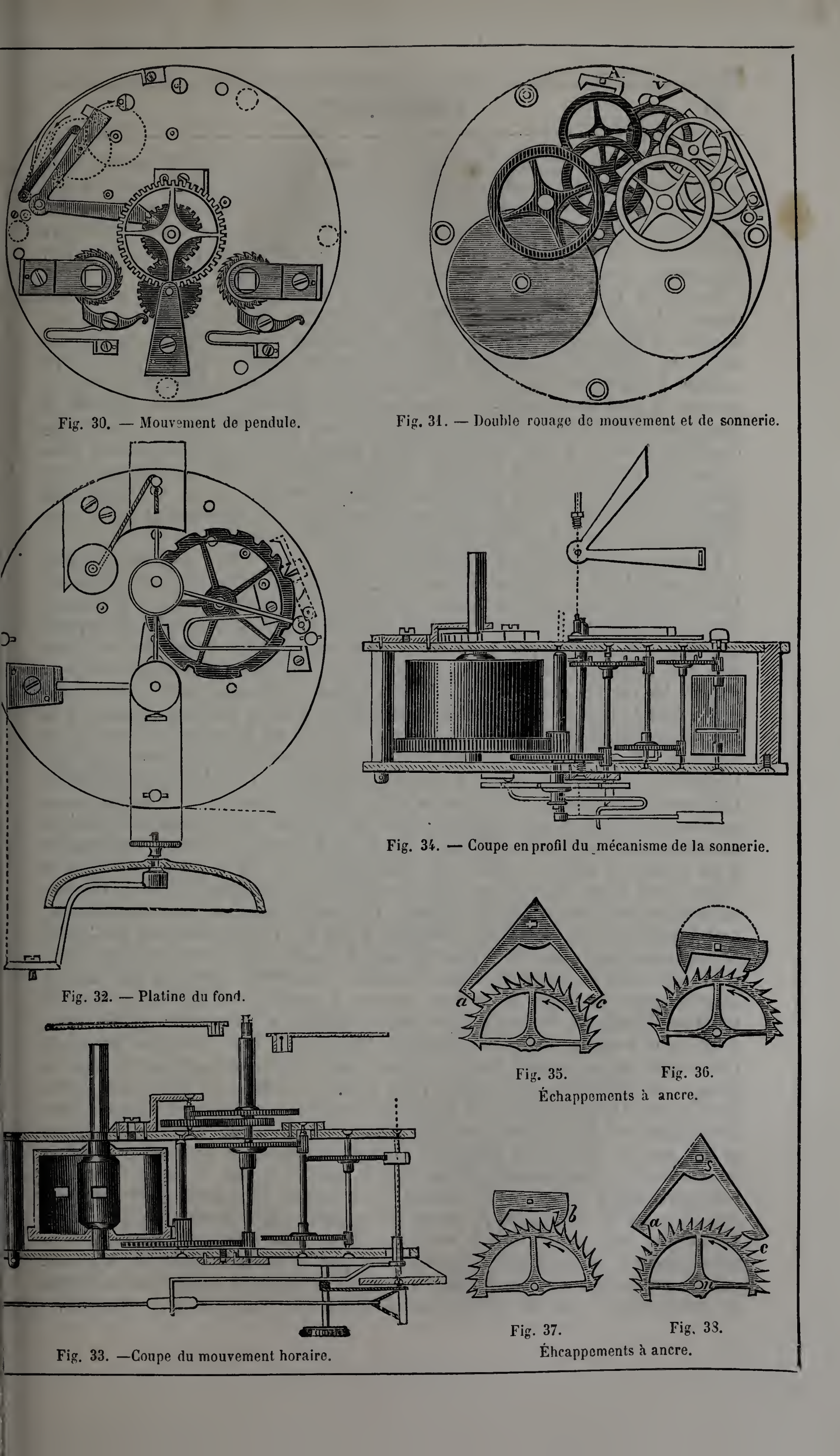


Fig. 30. — Mouvement de pendule.

Fig. 31. — Double rouage de mouvement et de sonnerie.

Fig. 32. — Platine du fond.

Fig. 34. — Coupe en profil du mécanisme de la sonnerie.

Fig. 35. Fig. 36.
Échappements à ancre.

Fig. 33. —Coupe du mouvement horaire.

Fig. 37. Fig. 38.
Échappements à ancre.

grand pour s'ajuster sur l'extrémité diminuée du canon *d*, auquel il reste invariablement fixé. Le canon *d* est terminé d'un bout par quatre dents largement espacées; ces dents se trouvent couvertes par le second canon *f* lorsqu'il est chassé sur le premier. Le prolongement de la tige A *a* porte une goupille transversale plantée très-près de la base (ou portée) du pivot : nous allons voir, tout à l'heure, à quel usage cette goupille est destinée.

Lorsqu'on veut établir la communication aux aiguilles, on tire le bouton cannelé A (fig. 2) par un effort suffisant pour faire soulever le ressort *v* qui, une fois la tige retirée, retombe dans une seconde rainure voisine de la première, et maintient le pignon dans sa nouvelle position. En ce moment ce pignon n'engrènera plus avec la couronne *b* ; en même temps, la goupille plantée au bout de l'extrémité inférieure de la tige aura remonté avec elle et pénétrera dans l'une ou l'autre des quatre dents du canon *d* (fig. 8.) — Si l'on tourne le bouton A (fig. 2) à droite ou à gauche, il n'entraînera plus la roue *b* mais, par l'action de la goupille engagée dans l'une des quatre dents du canon *d*, il fera tourner la *petite roue* de mise à l'heure et, par ce moyen, les aiguilles, auxquelles cette *petite roue* communique le mouvement par l'intermédiaire de la roue *h' h'* (fig. 2) ou des roues *l h' h'* (fig. 3.)

Lorsque les aiguilles sont sur l'heure voulue, il n'y a qu'à repousser le bouton A; alors tout le système revient à sa position primitive. Une autre disposition est représentée dans la fig. 3. — Les dents (ou ailes) du pignon de remontoir *a* circulent dans une ouverture de la pièce *h* appelée *coulisse;* cette pièce est tenue à la platine par deux vis à repos, sous la tête desquelles elle peut être mûe suivant la direction des trous allongés en boutonnières dans lesquels passent les vis. Le ressort *v* qui, dans la figure précédente, agit directement sur la grande tige du pignon pour la maintenir dans la position normale, a ici son action transportée sur la coulisse dont on vient de parler, et sert à la même fonction : il maintient cette coulisse dans une position déterminée, ainsi que le pignon, puisque ce dernier est engagé de manière à ce qu'on ne puisse agiter l'un sans l'autre, lorsqu'on tire ou qu'on renfonce le pignon. — *f* est un levier ou bascule dont la queue, engagée dans une entaille de la coulisse *h*, suit le mouvement de celle-ci, en tournant sur la vis à repos qui la tient à la platine. *d* est la roue de mise à l'heure, déjà mentionnee à la fig. 2 ; mais à la fig. 3, elle est faite d'une seule pièce, et en acier : elle est également libre, et ajustée cylindriquement sur la tige du pignon. Elle porte aussi, sur sa circonférence, une gorge où vient s'engager le bout du levier *f*. La tige inférieure du pignon de remontoir, sur laquelle la roue de mise à l'heure vient s'enfiler, a une face plate sur toute sa longueur, mais assez peu prononcée pour ne pas altérer l'ajustement cylindrique de la roue de mise à l'heure (voir fig. 9). On ajuste à vis, dans l'épaisseur du canon de la petite roue *d* et à l'extrémité opposée aux dents, une goupille qui vient déborder légèrement dans l'intérieur du trou. Cette saillie de la goupille trouve sa place dans le vide ménagé par le plat de la tige : elle doit être assez courte pour laisser à la roue un peu d'ébat circulaire, et assez longue cependant pour que ce pignon ne puisse pas tourner sans l'entraîner avec lui ; la roue conserve néanmoins la facilité d'aller et venir sur sa tige dans le sens de la longueur, indépendamment du pignon. — Voici les fonctions de ce mécanisme : si l'on tire le bouton A (fig. 3) assez fortement pour faire passer le bout de la coulisse *h* sous la tête du ressort *v*, elle reculera jusqu'à ce qu'elle rencontre le rebord de la platine ; à ce moment, le pignon est dégagé des dents de la roue à couronne, et ne peut plus les rencontrer ; au même instant le levier *f*, qui est entraîné par la coulisse, agit par son bout opposé sur la roue de mise à l'heure, et la fait avancer de manière à la mettre en prise avec la roue de renvoi *l* de la minuterie (Voir fig. 4). — Tournez

droite ou à gauche, les aiguilles seront mises en mouvement. — En renfonçant le bouton A, on remet tout dans la position normale qu'indique la fig. 3.

Le système qui vient d'être décrit fut trouvé, par quelques personnes, difficile à manœuvrer : l'action de retirer *fortement* le bouton du remontoir pouvait occasionner quelques accidents, et certaines fois il arrivait que le fonctionnement de la mise à l'heure s'opérait imparfaitement.

Alors on imagina plusieurs autres mécanismes dont les deux meilleurs sont ceux qu'on va décrire et qui, aujourd'hui, sont généralement employés. Ils sont représentés par les fig. 5, 6, 10, 11, planche III. — La fig. 5 indique le système créé par M. Philippe; la fig. 6, celui dont M. Audemars est l'auteur. — Tous deux sont basés sur l'emploi d'un petit poussoir spécial pour la mise à l'heure, et qui produit un effet de *décliquetage*.

Pour plus de clarté, voyons d'abord les pièces détachées : A (fig. 10) est l'arbre qui passe dans le pendant : cet arbre porte un renflement denté à rochet sur son champ. Le bout inférieur est rapporté et chassé à force dans un trou assez profond pour ne rien laisser craindre sous le rapport de la solidité. Il est ainsi composé de deux pièces à cause de la taille des dents de champ, qu'on ne pourrait obtenir autrement. Le bout inférieur, que nous appellerons *petite tige*, est formé cylindriquement sur toute la longueur, et après qu'il est fini on y fait un plat, comme nous l'avons vu à la fig. 9, seulement ici (fig. 10), il n'occupe que la moitié de la longueur totale. *a* est le pignon qui engrène dans la roue à couronne; il est percé d'un trou cylindrique, et entre librement sur la petite tige. Son extrémité supérieure porte des dents à rochet; dans la partie opposée, immédiatement au-dessous des dents de sa circonférence, se voit une gorge semblable à celle indiquée pour les roues de mise à l'heure (fig. 8 et 9); la fig. 10 est la roue de mise à l'heure, elle s'enfile à la suite du pignon *a* et va s'y appuyer; elle porte, comme celle de la fig. 9, une goupille saillante dans son trou et visant le plat de la tige; elle ne porte point de gorge, mais seulement un rebord un peu élevé.

La fig. 5 représente le mécanisme tout monté et complet. Un ressort *r* vien s'engager dans la gorge pratiquée en avant du pignon, et le maintient en prise par ses dents à rochet, avec celle du renflement de l'arbre. Lorsqu'on veut tourner à droite, dans le sens du remontage du ressort moteur, le pignon *a* est entraîné par l'engagement des dents à rochet; si, au contraire, on veut tourner dans le sens opposé, ces dents glissent l'une sur l'autre, au moyen de la facilité laissée au pignon d'aller et venir sur la tige; le même pignon n'est, d'ailleurs, retenu que par la pression du ressort, lequel cède sous la pression de la main; il se produit à chaque chute d'une dent sur l'autre, le bruit caractéristique et bien connu de la clef Bréguet.

Le ressort *r* porte un bras passant à travers la bâte de la platine, pour aller déborder et se loger dans le vide de la carrure de la boîte; dans cette carrure se trouve un ressort plat très-faible qui passe devant le bras et le touche; en face du bras, la carrure est percée d'un trou allongé par lequel passe le piston *j* : ce piston a une tête mince logée entre le fond de la carrure et le ressort plat; ce dernier presse constamment dessus pour le maintenir en place. Lorsqu'on veut faire tourner les aiguilles, il faut presser sur le piston *j*, et tenir ferme pendant tout le temps de l'opération. On voit que, par cette pression, le ressort *r* engagé dans la gorge du pignon, l'entraînera avec lui et le forcera à se dégager des dents à rochet de l'arbre A; en même temps, le pignon poussera devant lui la roue de mise à l'heure *f*, et la fera engrener avec la minuterie. Dans cette position, le pignon n'est plus entraîné par l'arbre A, puisqu'il est entièrement libre dans son ajustement cylindrique, tandis que la mise à l'heure, au contraire, est forcée d'obéir au mouvement de

l'arbre par le fait de la goupille saillant dans son trou, et se buttant sur le plat de la tige où elle est enfilée.

Lorsque les aiguilles sont à l'heure voulue, on cesse la pression sur le piston *j*, et tout rentre dans la position normale. — Le ressort *r* ramène le pignon, tandis qu'un autre ressort *s*, dont nous n'avons pas encore parlé, presse contre le rebord de la mise à l'heure et lui fait suivre le même mouvement de recul. Tout en faisant son mouvement d'avance vers le centre de la platine, le pignon *a* n'abandonne pas les dents de la couronne : il doit y rester engagé afin que son retour en arrière ne soit pas contrarié par la rencontre des dents. Voici maintenant un autre système (celui de M. Audemars) :

L'arbre A (fig. 11) diffère essentiellement de celui de la fig. 9 : Il est formé d'une seule pièce, et le renflement qu'il porte à la naissance de la petite tige n'est pas denté. Il diffère encore par la forme de cette petite tige, qui est cylindrique dans la partie recevant le pignon, puis se termine par un carré. Le renflement a pour utilité de servir de point d'appui, d'un côté au pignon, et de l'autre, à fixer la position de l'arbre dans l'entaille de la platine. Le pignon *a* porte aussi des dents à rochet, mais à son extrémité opposée, et elles sont inclinées dans le sens contraire à celui du système précédent : il est ajusté cylindriquement et librement sur la petite tige. La roue de mise à l'heure *f*, s'emmanche à carré sur cette même tige, et l'ajustement demande à être fait avec le plus grand soin, car la roue *f* doit pouvoir aller et venir sur cette tige, sans prendre d'ébat. Elle est dentée des deux bouts ; d'un côté, pour s'engager avec les dents à rochet du pignon, et de l'autre, pour engrener avec la minuterie : elle porte au milieu de sa longueur une gorge semblable à celle dont il a été parlé dans les descriptions précédentes.

Ainsi lorsqu'on veut remonter le ressort de la montre, en tournant à droite, l'arbre A (fig. 6 et 11) entraîne d'abord la roue de mise à l'heure par le carré de la petite tige, et la roue entraîne le pignon par ses dents à rochet. Si l'on veut tourner à gauche, l'effet de décliquetage se produit comme au précédent système : les dents glissent l'une sur l'autre. La fig. 6 montre ce mécanisme rassemblé et au complet. Le ressort *r* diffère par sa forme de celui de la fig. 5 mais sa fonction est exactement la même ; seulement il agit sur la roue de mise à l'heure, au lieu de presser sur le pignon. Les autres organes sont représentés d'une manière intelligible à la simple inspection de la figure. — Dans cette même fig. 6, se voit un bras en acier *p* passant devant les ailes du pignon *a* pour le maintenir en place, lorsqu'on pousse la roue de mise à l'heure, pour la communication aux aiguilles, et ce bras peut se prolonger jusque sur le ressort *r* pour l'empêcher de se lever par l'effet de la pression qu'il subit.

DEUXIÈME PARTIE.

DESCRIPTION DES OBJETS EXPOSÉS EN 1878.

L'horlogerie était largement, on peut même dire somptueusement représentée dans les sections française et suisse. — L'Amérique se manifestait par l'exhibition, très-riche et intéressante, de la colossale usine Waltham, et de quelques produits économiques fournis par divers fabricants. — L'Angleterre, la riche et industrielle Angleterre, s'était presque effacée; on ne comprend guère pour quel motif : seuls, quelques grands noms, Frodsham, Kullberg, Bennet, avaient daigné se manifester. — Les autres nations ne se révélaient que par des échantillons perdus dans le fouillis des objets les plus disparates.

Donc, tout amour-propre national à part, on peut dire que la France, dans les classes 26 et les classes 17 et 25, tenait le premier rang.

L'*horlogerie monumentale* offrait de beaux types : en première ligne il faut placer l'exposition de M. Collin, héritier et digne continuateur de l'antique maison Wagner. Nous avons déjà signalé, en 1867, cet artiste éminent, créateur des types les plus estimables en ce qui concerne l'horlogerie électrique ; les transmissions d'heure à grandes distance, soit par l'électricité, soit par l'air comprimé ; les carillons ; les instruments appliqués au mesurage de divers phénomènes hydrauliques ; les contrôleurs de rondes de nuit ; les avertisseurs d'incendies. Aujourd'hui, comme il y a dix ans, nous le retrouvons au premier rang : ses produits nombreux forment un ensemble imposant; l'inspection des détails révèle une fabrication soignée.

MM. Paul Garnier et Henry Lepaute soutiennent admirablement leurs grands noms. Dans l'exposition de M. Paul Garnier nous avons retrouvé un type superbe de l'échappement *à force constante* (le seul vraiment digne de ce nom) que nous avons décrit en 1867.

Chez M. Henry Lepaute existaient plusieurs belles pièces où la science de la combinaison s'unit à une rare perfection d'exécution : nous avons retrouvé, traitées en fabrication courante, des horloges dont le *fini* rappellait ce qu'en 1867 nous considérions comme un tour de force artistique. M. Henry Lepaute parait diriger ses préférences industrielles du côté des phares ; c'était encore de l'horlogerie, mais si colossale qu'elle dépasse notre territoire de rédacteur.

Il faut signaler encore M. Dorléans-Strébet : ses horloges fonctionnent avec un échappement libre, à force constante ; dans ce mécanisme, les oscillations du pendule sont entretenues par la chute d'un petit poids que le mouvement remonte et laisse retomber sur un bras horizontal fixé au sommet du pendule. Quoique procédant par chocs successifs, cet échappement paraît bien marcher. L'exécution générale de l'horloge est satisfaisante.

M. Mayet-Tissot exposait une horloge pourvue d'une sonnerie *à rateau* : tout y était bien traité. Ordinairement les sonneries des grandes horloges sont *à chaperon*. Il y a là une innovation qui nous semble bonne; car, avec le râteau, il n'y a jamais risque de voir la sonnerie *décompter*, c'est-à-dire frapper inexactement les heures.

M. Farcot s'est présenté à l'Exposition avec des types tout nouveaux dans

l'horlogerie : il est sinon le créateur, du moins le propagateur du *pendule conique*. Cet organe sert de régulateur à la marche des horloges, par un mouvement circulaire continu, à peu près analogue à celui des boules à suspension articulée qui font partie du *régulateur de Watt* dans les machines à vapeur. Chacun a pu voir, dans le grand vestibule formant l'entrée du palais au Champ-de-Mars, cette colossale horloge, dont le gigantesque pendule conique exécutait avec une majesté silencieuse ses lentes révolutions.

On ne peut savoir encore si la chronométrie proprement dite gagnera à l'apparition de ces types nouveaux ; mais, à coup sûr on peut dire qu'au point de vue artistique et décoratif, il y a là une innovation très-digne d'éloges, et de nature a attirer fortement l'attention.

M. Bourdon, le savant et très-connu ingénieur, a bien voulu quitter un peu ses manomètres et ses machines à vapeur, pour exposer une horloge qu'il nomme *hydro-pneumatique*. Ce badinage de haute science fait voir, de la façon la plus intéressante, jusqu'à quel point un homme de génie peut jouer avec la difficulté, et avec quelle autorité il combine les éléments les plus disparates en les forçant d'obéir à toutes ses volontés.

En supposant que ce mécanisme soit plus ou moins étranger à l'horlogerie régulière, il n'en est pas moins intéressant à connaître ; les combinaisons qu'il renferme rappellent le génie habituel de leur inventeur ; son examen révèle des applications aussi curieuses que nouvelles.

Pour sa description, nous empruntons le texte du rapport fait à ce sujet, par M. Haton de la Goupillière, à la Société d'Encouragement (77e année, 3e série, tome V. Bulletin de janvier 1878.) :

« ..... Le moteur rappelle, dans une certaine mesure, le principe des anciennes clepsydres, notablement amélioré ; et, l'intermédiaire entre cet organe et le mouvement d'horlogerie proprement dit, n'est autre chose que le tube circulaire à section elliptique aplatie dont M. Bourdon a déjà utilisé les propriétés dans les circonstances les plus variées. L'agent moteur est essentiellement la pression atmosphérique, intervenant en raison d'un certain degré de vide que l'auteur réalise à l'aide de la trompe des laboratoires, installée par lui avec certains perfectionnements. Un premier réservoir doit être rempli d'eau à des intervalles plus ou moins espacés suivant la capacité qu'on lui donne. Il peut également consister en une citerne alimentée par les eaux de la pluie. Dans ce cas, où lorsqu'on se trouve dans une ville pourvue d'une distribution d'eau, ce réservoir peut être considéré comme d'un écoulement indéfini, et, par suite, l'horloge comme marchant sans remontage.

» De là l'eau arrive dans un second récipient par l'intermédiaire d'un robinet que commande un flotteur destiné à assurer un niveau constant dans cette capacité. C'est donc sous une charge invariable que le liquide s'écoule, par un orifice capillaire placé au bas du vase ; il s'échappe ensuite au dehors, par l'intermédiaire d'un tube qui fait suite à cet orifice capillaire. Comme il importe que cet orifice soit maintenu dans un état parfait de propreté, il est épinglé constamment par un fil de platine que commande une cuillère oscillant sous l'action de l'eau arrivée.

» L'eau qui s'écoule doucement par l'orifice dont on vient de parler, forme peu à peu à sa partie inférieure une goutte qui finit par se détacher et descend par son poids dans le tube final. Dans sa descente elle attire derrière elle la colonne d'air qui l'entoure comme une gaîne : bientôt une nouvelle goutte se détache à son tour, s'engage dans le tuyau final, emprisonnant entre elle et la précédente, un petit volume d'air à peu près triple du sien. Ce tuyau final (que nous appellerons *tube aspirateur*) se trouve ainsi rempli d'une série d'index

successifs d'eau et d'air qui y descendront lentement d'une manière constante, puisque tous les éléments déterminants ont été maintenant invariables.

» Avant d'aller plus loin, disons que le *tube aspirateur* communique par sa partie supérieure, avec un tube *intermédiaire* qui aboutit aux organes moteurs de l'horloge, et les actionne en leur procurant les influences alternatives de la *pression atmospherique* et du *vide*, ainsi qu'on va le voir. Pour opérer un *vide* suffisant, le tube aspirateur doit avoir une longueur verticale d'environ 1^m,50. L'organe qui, à proprement parler, fait mouvoir l'horloge, est un tube circulaire à section elliptique aplatie (celui des manomètres Bourdon) dont chaque extrémité est reliée au pendule de l'horloge par une bielle. Sous l'action alternative de deux *membranes-soupapes,* tantôt l'air s'introduit dans ce tube circulaire, tantôt le vide s'y opère, par le fait des aspirations intermittentes du tube aspirateur vertical. Ces alternatives de *pression* atmosphérique et de *non-pression* (par le fait du vide) déterminent un déplacement des extrémités du tube circulaire, et par suite, les oscillations du pendule. C'est un résultat identique à celui que produisent les variations de pression de la vapeur, dans le manomètre Bourdon, pour faire mouvoir l'aiguille indiquant les atmosphères de tension; avec cette seule différence que les mouvements du manomètre sont produits par l'émission ou *expiration* de la vapeur, et que ceux de l'horloge sont produits par l'*aspiration*, ainsi qu'on vient de l'expliquer. M. Bourdon affirme que les influences motrices de cette aspiration peuvent se réaliser dans tout le parcours du tube intermédiaire, eût-il une longueur de plusieurs centaines de mètres, et fût-il mis en action sur plusieurs horloges. Par ce moyen serait obtenu le synchronisme des heures sur de longs parcours, dans les divers quartiers d'une ville, dans les diverses gares d'un chemin de fer. »

Ce résultat, on le sait, a été obtenu, d'une façon plus ou moins satisfaisante, d'abord par l'électricité, ensuite par un procédé diamétralement opposé à celui de M. Bourdon, l'emploi de l'air comprimé; (M. Collin, déjà nommé dans nos *Etudes sur l'Exposition de* 1867, a, le premier, fourni des types très-remarquables de ce système : à l'Exposition de 1878, il a présenté des appareils similaires.)

Pour terminer l'examen des diverses combinaisons produites en 1878, basées sur l'emploi de l'air *raréfié* ou *comprimé*, il nous reste à citer les appareils considérables exposés par la « Société des horloges pneumatiques » dans la section autrichienne, au nom de M. Victor Popp. Ce système est bâsé sur l'emploi de l'air qu'un « moteur central » comprime et distribue, par une canalisation de longueur illimitée, à tous les postes horaires du parcours. Un levier à rochet, une roue pour chaque horloge réceptrice, voilà tout le mécanisme : le levier reçoit la pression expédiée par l'action centrale, et, en se soulevant, fait avancer la roue d'un cran qui vaut une minute. M. Popp affirme qu'à des distances de 4,000 mètres ce système obtient des fonctionnements très-exacts, au moyen d'une canalisation en tubes de fer ou plomb, aux diamètres de 3 à 30 millim., suivant la grandeur des aiguilles à faire mouvoir (les plus grandes pouvant figurer sur des cadrans de deux mètres.)

L'exposition de M. Redier offrait un intérêt tout particulier : nous ne parlerons pas, faute d'espace, de sa magnifique collection d'enregistreurs; c'est un sujet trop élevé pour être traité à la légère. Disons seulement que l'éminent artiste mérite à cet égard les plus sérieux éloges : il a fait là une vraie œuvre de science et de génie.

Un autre succès de M. Redier est son Horloge-type qui a obtenu le prix au concours ouvert en 1876-77 par la Ville de Paris. Voici les conditions imposée par le programme :

» Art. 1er. La Ville de Paris met au concours la construction de quatre horloges de précision, munies d'interrupteurs électriques, destinées à donner l'heure exacte en quatre points de son enceinte.

» Art. 2. Ces horloges marqueront le temps moyen et devront être munies d'un balancier (pendule) compensateur battant la seconde. Le choix d'échappement et du mode de compensation est laissé à l'appréciation du constructeur. Il devra être tel que la variation de la marche diurne moyenne, résultant d'observations quotidiennes pendant un intervalle de huit jours, ne dépasse pas 0sec3 ; les écarts accidentels de la moyenne ne devront pas dépasser 0sec5, pour une variation lente et progressive de la température s'étendant de 0° à 30° centigrades.

» Art. 3. L'horloge devra pouvoir produire, à chaque seconde, l'interruption d'un circuit électrique. Elle sera munie, à cet effet, du mécanisme nécessaire pour effectuer la séparation, pendant un intervalle de temps compris entre 0sec3sec de deux pièces de contact isolées métalliquement du reste de l'appareil et mises en communication métallique avec deux boutons extérieurs à la boîte. Ces deux pièces seront en métal inaltérable, or ou platine fondu ; l'une aura la forme d'une petite plaque à surface plane, l'autre d'une pointe mousse. Aucune condition autre que celle qui résulte de la nécessité d'une marche précise pour la pendule dans les limites indiquées à l'article 2, n'est imposée aux constructeurs dans la forme à donner aux supports de ces pièces de contact, ni dans leur liaison avec le mouvement même de l'horloge. On rappelle seulement que jusqu'ici, les solutions les plus satisfaisantes de ce problème délicat ont été obtenues en faisant fontionner l'interrupteur électrique par un moteur spécial, placé sous la dépendance de l'horloge proprement dite.

Dans les essais auxquels seront soumises les pendules, la seconde sera battue par chacune d'elles au moyen de son interrupteur électrique, et c'est sur ce battement que se fera la comparaison quotidienne des appareils. Les horlogers veilleront donc à ce que la précision du mouvement de l'interrupteur soit de même ordre que celle du mouvement propre de la pendule. Ils prendront soin également de donner aux deux pièces de contact une force de pression suffisante, pour assurer à chaque seconde le passage d'un très-faible courant électrique. — Pendant la période des essais, la Ville de Paris se charge d'établir, par les soins de la commission spéciale, le courant et le battement électriques de chaque pendule. Néanmoins, les horlogers pourront établir eux-mêmes les piles et l'appareil électro-magnétique de battement de secondes sur lequel seront faites les comparaisons.

» Art. 4. La durée de la marche de la pendule et de l'interrupteur devra être de 35 jours.

» Parmi les horloges qui auront satisfait le mieux aux conditions de précision et de bon fonctionnement de l'interrupteur imposées par le programme, les quatre premières seront achetées par la Ville de Paris, au prix de 5,000 fr. chacune. De plus, l'auteur de l'horloge classée au premier rang recevra une prime de 3,000 francs ; celui de l'horloge classée au 2e rang, une prime de 2,000 fr. ; celui de l'horloge classée au 3e rang, une prime de 1,000 francs. »

M. Redier se présenta au concours avec trois pendules : la première à double rouage, échappement à ancre (dit de Graham) pendule compensateur à tubes métalliques acier et zinc. — Les deux autres à rouages simples, balancier compensateur au mercure, échappement à ancre, et interrupteur fonctionnant, chez l'une des pendules, par la roue d'échappement ; chez l'autre par la fourchette.

M. Fenon, qui présentait une pendule à double rouage, a obtenu le premier prix à ce concours pour lequel on s'est étonné de voir si peu de concurrents.

Comme l'indique le programme, la Ville de Paris a l'intention d'employer le système qui consiste à employer le synchronisme des pendules établies sur le circuit électrique, au moyen d'électro-aimants agissant sur les lentilles des balanciers. Cette combinaison a pour auteur M. Vérité (de Beauvais).

Un autre procédé, employé par M. Hipp (de Neufchâtel), est simple, mais moins précis; un courant électrique qui fait sauter l'aiguille de minute en minute.

Enfin, il faut mentionner le système Bréguet, par lequel une horloge centrale expédie toutes les heures un courant qui rectifie l'heure indiquée par des horloges ordinaires.

Tels sont à peu près les systèmes produits jusqu'à présent pour obtenir l'*unification* de l'heure à des distances plus ou moins grandes. — Le lecteur curieux d'approfondir la question, pourra consulter utilement le volume 4e de l'ouvrage publié par M. Th. Dumoncel, intitulé : *Applications mécaniques de l'électrité* (E. Lacroix, éditeur).

Lorsque nous aurons mentionné, dans la section anglaise, l'horloge à carillon, munie d'une fusée, qu'exposait M. Bennet, et l'horloge de clocher exposée par M. Riego, toutes deux remarquables par une exécution très-soignée ; les horloges de « tour » exposées par M. Loseby, et celles de M. Price, nous aurons passé en revue les types remarquables que contenait l'exposition en horlogerie monumentale ou électrique.

L'*horlogerie de précision* était richement représentée, et, quoiqu'il y eût beaucoup à rabattre de certains titres ambitieux, on trouvait en abondance des pièces dignes du nom de régulateur ou de chronomètre. — De beaux régulateurs étaient exposés par les maisons Brown (Bréguet) ; Bussart et Loew ; Gondolo et Callier (déjà mentionné pour l'excellence de son nouveau balancier compensateur) ; Desfontaines (ancienne maison Leroy) ; Paul Garnier ; Henry-Lepaute ; Legrand (maison Oudin) ; Requier ; Fenon ; Brocot ; Gabriel ; Henry Robert (dont nous avons décrit les nouveaux compteurs) ; Rodanet ; Sandoz. — M. Callier, de la maison Gondolo, emploie pour le *pendule à mercure* de ses régulateurs, un système qui dénote l'esprit de progrès présidant à tout ce que fait cet habile et savant artiste. Le pendule à mercure se compose, comme on le sait, d'une tige oscillante, au bas de laquelle, au lieu d'une lentille, sont suspendus un ou deux tubes en verre, pleins de mercure : par ce système, la *compensation* du chaud et du froid s'opère en ce sens que les dilatations de la tige sont *compensées* par les dilatations du mercure qui ont lieu en sens inverse (Voy. nos *Etudes sur l'Exposition de* 1867, pages 24, 25, fig. 13 et 14 ; les explications fournies sur d'autres genres de pendules compensés, feront comprendre aisément ce que nous venons de dire : dans la figure 13, par exemple, qu'on se figure un tube ou godet cylindrique substitué à la lentille L, et rempli aux 3/4 de mercure). M. Callier emploie, au lieu d'*un* tube, *deux* tubes placés l'un dans l'autre, avec un espace annulaire ménagé entre les deux.

Dans cet espace annulaire il place le mercure. L'avantage obtenu est celui-ci: l'air ambiant, c'est-à-dire la chaleur ou le froid, circule également dans le milieu du tube *intérieur*, et sur les parois du tube *extérieur* : le mercure est donc plus promptement et plus uniformément impressionné par les influences de la température que lorsque dans *un seul tube*, il ne reçoit que les impressions *extérieures*. Cette innovation excellente corrige certaines lenteurs remarquées dans la compensation des pendules à mercure.

— Dans la section anglaise, M. Losada. — Dans la section autrichienne, MM. Dorninger ; Fauner (qui avait un régulateur à répétition) ; Rebicek ; Schön-

dorser; Urban (belle pendule astronomique); — Dans la section suisse, le régulateur astronomique de M. Hipp. — Dans la section danoise, la pendule astronomique de M. Oexenhauge.

En ce qui concerne les chronomètres de marine, il faut citer : M. Leroy, l'habile et heureux artiste qui obtient toutes les primes aux concours trimestriels de la marine française. La vitrine renfermait une belle collection de chronomètres cotés au prix de 800 francs, ce qui paraît l'extrême limite du bon marché. M. Callier, dont les récents succès annoncent les progrès rapides surtout en ce qui concerne la compensation des balanciers. M. Breguet; MM. Bussard et Loew ; M. Ecalle ; M. Rodanet. — Dans la section anglaise, M. Kullberg ; M. Riego ; M. Webster. — Dans la section danoise, M. Ketner ; M. Ranch.

Les instruments (régulateurs et chronomètres), exposés par les artistes que nous venons de signaler indiquent un progrès très-sérieux réalisé dans la chronométrie, au double point de vue de la construction et du réglage. Les organes les plus délicats sont exécutés avec une précision et un fini qui attestent le concours de machines-outils excellentes et d'ouvriers habiles. A la vue de ces mécanismes réguliers dans leur forme aussi bien que dans leurs fonctions, on comprend que tout cela est produit par un outillage installé en pleine fabrication courante et faisant toujours bien, entre des mains intelligentes.

Les détails de construction ne présentent plus aucune difficulté, on le voit ; et le réglage qui en est le résultat, s'est élevé à un degré de perfection qui paraissait un rève il y a cinquante ans. Alors, on s'estimait heureux d'obtenir d'une machine horaire une régularité diurne limitée à des écarts de plusieurs minutes : aujourd'hui on se renferme aisément dans des écarts de quelques *dixièmes de seconde*. Bien plus, considérant l'exactitude de marche assurée par des températures égales, on se préoccupe exclusivement de *compenser* les effets produits par les variations de l'atmosphère, et tout porte à croire que ce résultat sera très-prochainement atteint.

L'Angleterre et la France sont très-évidemment supérieures aux autres nations pour cette partie éminente de l'horlogerie : telle est l'impression produite par l'Exposition de 1878.

A la suite de cette première catégerie d'instruments qui, seuls, ont droit à être qualifiés *de précision*, se présente une classe parée du même titre, mais si nombreuse, si riche en mérites divers, et en même temps si confuse à raison de sa variété, que nous pourrons seulement lui accorder un coup d'œil général.

Si, dans le monde entier, on ne savait pas que la Suisse est la patrie par excellence de la riche et bonne horlogerie, on serait tenté de souscrire en lisant le texte, très-authentique, de l'étiquette suivante qui figurait dans la vitrine d'un exposant : « Horloges à minutes, seconde indépendante, quantième per- » pétuel, phases et quartiers de lune, thermomètre, chronographe de seconde » double, à 3 aiguilles d'heure, minute et seconde, petite seconde et 5e de » seconde, deux tours d'heure ; répétition à quart et à minutes simples, à » seconde indépendante, double aiguille rattrapante, à quantième perpétuel et » avec chronographe à deux aiguilles de minute et seconde..... » ! Ceci a l'air d'une facétie chronométrique ; en aucune façon : toute cette réclame est sérieuse ; elle émane d'une maison vraiment habile et estimable. Il faut même convenir que la montre phénomène dont il s'agit fonctionne dans toutes ses parties.

Mais, pendant combien de temps se soutiendra cette marche obtenue au prix d'une coûteuse construction et de plusieurs mécanismes enchevêtrés les uns dans les autres... ?

Le type que nous venons de citer personnifie à peu près la moitié de l'expo-

sition suisse. — Dans la section française on ne rencontre pas, ou presque pas d'échantillons aussi emphatiques : néanmoins, quelques artistes du Doubs et même de Paris ont sacrifié aux faux dieux de la fabrication.

Sans vouloir déprécier l'instinct de recherche qui préside à ces conceptions difficiles; sans méconnaître le mérite considérable de tant de difficultés vaincues; on se demande où est le progrès commercial, en cette matière : quel sera l'acheteur des montres qui coûtent 15,000 ou 20,000 francs, et qu'un magicien lui-même n'oserait pas garantir pendant deux ans? Quel est le progrès scientifique? on ne le voit guère... à moins que l'insuccès de telles œuvres n'arrive à démontrer que la complication n'est pas de l'art.

Il faut reconnaître, d'ailleurs, que les nombreuses pièces de ce genre que renfermait l'Exposition, étaient des chefs-d'œuvre de bonne exécution, de fini, d'élégance et de richesse : ces pièces reflétaient la splendeur commerciale des grandes maisons qui les ont produites. — Citons en France, la collectivité des fabricants du Doubs; la maison Desfontaines; la maison Legrand, à Paris : En Suisse, les maisons Audemars; Badollet; Bornand; Borel et Courvoisier; Droz; Golay-Leresche; Gostkowski; Goy et Blanc; Haas; Jaccard; Majewski; Mathey-Claudet; Meylan-Truan; Patek et Philippe; Rüssert; etc., etc.

Le *Chronomètre de poche*, c'est-à-dire la montre très-soignée, et de construction très-simple, formait à l'Exposition de 1878, une classe très-importante, et par le nombre et par l'excellence des pièces produites. Beaucoup étaient munis de bulletins de marche délivrés par les observatoires de Genève et de Neufchâtel. Pour obtenir à l'Observatoire de Genève un bulletin de 1re classe, il faut que le chronomètre ait subi les épreuves suivantes :

1° Marcher dans quatre positions verticales, savoir : XII heures, III heures, VI heures, IX heures, étant successivement placées à la partie supérieure. — 2° Marche dans deux positions horizontales, savoir : sur le cadran et sur le fond à plat, pendant sept jours, pour chaque position, soit 42 jours. — 3° Épreuve à la chaleur, jusqu'à 35 degrés. — 4° Épreuve au froid, jusqu'à 0 degré. Chaque épreuve durant 24 heures. — 5° Dernière épreuve, dans la position horizontale, pendant sept jours, pour vérifier la reprise de marche après les épreuves. Au total, les chronomètres restent en observation pendant 52 jours.

Pour obtenir un bulletin de 1re classe, le chronomètre doit avoir rempli les conditions ci-après : 1° Les écarts de marche notés pendant la durée des sept épreuves, et additionnés, ne doivent pas excéder, en moyenne *une seconde* par jour. — 2° La marche moyenne des sept périodes comparées entre elles ne doit pas produire une moyenne de différences excédant *trois secondes* pour chaque période. — 3° L'écart de marche, de 0 degré à 35 degrés ne doit pas dépasser *un tiers de seconde* par degré.

Ce sont là des épreuves sérieuses; une pièce qui les a subies victorieusement mérite estime et confiance. Les épreuves usitées à l'Observatoire de Neufchâtel sont beaucoup moins rigoureuses; mais elles sont suffisantes pour constater un certain mérite dans les pièces qui y sont soumises.

En France il y a lieu de citer les produits exposés par MM. Brown (Bréguet); Bussard et Loew; Desfontaines; plusieurs exposants de la collectivité du Doubs; Écalle; Paul Garnier; Pateck et Philippe; Savoye frères; Fernier; Béguelin et Rolet. — En Suisse, MM. Courvoizier; Henry Grandjean; Tissot; Borel; Nardin; Lecoultre-Piguet; Audemars; Dufour; Plojoux; Badollet; Baud; Golay-Leresche; etc., etc. — En Angleterre, MM. Bennett; Losada; Kullberg.

Sur ce point, la Suisse tient le premier rang, surtout par le nombre : au point de vue de la bonnne confection des produits, de l'élégance et du fini des pièces, la France peut être classée *ex-æquo* avec la Suisse : l'Angleterre se

contente d'une exécution magistrale, elle paraît attacher une importance secondaire aux frivolités de luxe.

En résumé, cette classe importante de la chronométrie était magnifiquement représentée à l'Exposition. A travers l'emphase inutile des fabricants on apercevait un vrai mérite de conception et d'exécution, et le nombre des pièces réellement sérieuses était considérable. Ce résultat très-honorable, en une matière aussi difficile atteste, comme nous le disions précédemment, l'emploi judicieux d'outillages excellents placés entre bonnes mains.

Quand nous aurons cité les compteurs-chronographes de MM. Henry Robert et Foucher, nous aurons épuisé la liste des notabilités saillantes de l'horlogerie de précision.

Pour n'avoir plus rien à dire sur l'article « *montres* », nous allons descendre, des sommités de l'art aux bas-fonds industriels, et parler un peu de la *montre à bon marché* dont le premier type fut la montre Roskopf.

C'est une idée très-saine et très-pratique qui a présidé à cette conception économique : au surplus, la fortune qui, cette fois, ne s'est pas montrée aveugle, en a promptement récompensé le créateur. M. Roskopf a, depuis longtemps, trouvé des successeurs : MM. Wille frères ; et l'exposition de ces derniers prouve que l'idée n'a pas dégénéré entre leurs mains. Un groupe de fabricants s'est formé peu à peu pour l'exploitation du même principe. MM. Francillon, Favre, Droz et Perret, Boillat, Buèche, Japy, tous dans la section française ont exposé des produits similaires.

Il est curieux de voir marcher (et bien marcher même !) ces montres dont aucune pièce n'a reçu le moindre « finissage » ; les « bavures » laissées par le découpoir ; les traits de lime ; tout cela est affreux et néanmoins réjouissant à voir : on aime à trouver cette force, cette rusticité, dans un objet si frêle d'habitude, ces robustes aiguilles, ces emboitages épais résisteront aux chocs, aux secousses et aux soins quelque peu écrasants des mains de l'ouvrier ou de l'homme des champs auquel cette forte montre est destinée. — Ce type, qui réunit une exécution consciencieuse et toutes les conditions raisonnables du bon marché, doit être loué sans aucune restriction : c'est de la bonne industrie.

Mais il nous sera permis de laisser dans l'oubli dont elles ne devraient jamais sortir, ces productions informes et d'une infériorité malhonnête que certains spéculateurs (trop nombreux) décorent du titre de « montre » et vendent à *vil prix*. Ces *viles* marchandises, mauvaises et trompeuses jusques dans leurs moindres atômes, sont des « clous » (qu'on nous pardonne ce mot du métier), prédestinés à la féraille, après avoir servi d'appâts dans les opérations commerciales *à primes !*

L'horlogerie ordinaire (ou à l'usage civil), en ce qui concerne les *Pendules de voyage* et de *cheminée*, était représentée à l'Exposition d'une façon vraiment splendide, surtout dans les sections françaises : nous disons *les sections*, car on trouvait des spécimens admirables dans les classes des bronzes, des cristaux, des porcelaines et des meubles.

Au milieu du local attribué à l'horlogerie, s'élevait une pyramide haute de plusieurs mètres, toute miroitante de facettes, acier et cuivre, et présentant à l'œil étonné, un fouillis merveilleux de platines rondes ou carrées, d'axes, de pignons, de roues, de barillets, de vis : tout cela était flanqué comme une place de guerre, de bastions et de contre-forts édifiés avec force mouvements de pendules, de réveils, de régulateurs. C'était l'exposition monstre de MM. Japy frères et Cie, dont le nom est une des gloires françaises, et dont les vastes usines couvrent les territoires de Beaucourt, Montbéliard, Berne, Vieux-Charmont. Depuis le fil d'acier destiné aux vis et aux pignons, depuis la feuille de

cuivre destinée aux roues et aux platines, jusqu'aux mouvements (ou roulants) de pendules, horloges, régulateurs, réveils, montres, tourne-broches, rouages électriques et télégraphiques ; cette colossale maison produit tout ce que peut demander l'horlogerie, dans l'acception la plus étendue du mot.

Passons ; les éloges seraient superflus.

Un autre centre industriel se recommande à l'attention : il est d'autant plus recommandable qu'il est presque aux portes de Paris et qu'il lutte pour opérer une sorte de décentralisation commerciale, toujours utile à l'acheteur. C'est Saint-Nicolas-d'Aliermont, près Dieppe. Là se fabriquent les ébauches de régulateurs, chronomètres, pièces de voyage, appareils télégraphiques qui alimentent la chronométrie parisienne : là on produit les premiers éléments de l'horlogerie soignée.

Ce groupe industriel mérite des éloges et de vifs encouragements : il est peut-être le seul au monde qui ait tenu à marcher dans les bonnes traditions. — Il faut citer, MM. Scbarf; Dumas; Delépine, qui fabriquent des roulants pour chronomètres de marine; Baveux; Pons; Martin; Seigneur; Jacob; Legrand; Gosselin-Hautot; Drocourt; Lefebvre; qui fabriquent des roulants pour pendules de voyage et de cheminée, et pour régulateurs.

Si, des pendules nous passons aux montres, nous nous trouvons en présence d'une si innombrable quantité d'*établisseurs* que nous devons nous renfermer dans les généralités.

Deux nations se disputent la prééminence : la Suisse et l'Amérique. Il y a peu d'années que la fabrique américaine s'est révélée ; mais son début, comme toutes les actions de cette race prime sautière, a été quelque chose de gigantesque. Depuis l'Exposition de Philadelphie, en 1876, la *Waltham-Company* s'est placée au même rang que les plus grands centres fabricants de la Suisse. — Sans vouloir entrer dans les discussions survenues à ce sujet, et sans prétendre que l'industrie américaine arrivera un jour à pulvériser l'industrie de la vieille Europe, nous dirons que l'exposition de Waltham-Company est éminemment remarquable.

Tout atteste chez les organisateurs de cette colossale fabrique une rare puissance d'organisation et un esprit de méthode qui n'a rien oublié. C'est la Waltham-Company qui a créé le système des pièces *interchangeables*, c'est-à-dire s'adaptant les unes aux autres sans aucune variation et sans aucune préparation spéciale. Comme tout est fabriqué par des machines-outils de haute précision, tout est absolument identique au plan primitif ; chaque roue, chaque pivot, chaque platine, chaque mouvement, chaque emboitage peuvent être pris au hasard « *dans le tas* », et assemblés tels quels, la montre marche, et marchera bien ! — On doit reconnaître que c'est là le mérite capital de la fabrique américaine : en ce qui concerne les délicatesses du *fini*, de l'élégance, du réglage artistique, les praticiens de la vieille Europe peuvent défier longtemps encore la concurrence de la jeune Amérique. — En résumé, l'horlogerie des États-Unis, si elle ne fait pas encore de chronomètres, produit, avec un succès légitime et incontestable une excellente horlogerie ordinaire : elle est dans le chemin de la fortune, sinon de la gloire.

Après avoir rendu hommage aux deux nations qui tiennent le plus haut rang sur l'échelle commerciale, en ce qui concerne la puissance productive, il serait injuste de ne pas noter qu'en France la fabrication horlogère s'est développée avec une grande rapidité. Besançon et les usines du Doubs fournissent une production importante comme nombre, comme élégance, comme qualité même; Paris est encore (et sera toujours si les bons ouvriers le veulent) le vrai centre où se trouvent les pièces d'élite.

Depuis quelques années, la mode est aux ameublements style Renaissance,

Louis XIV, Louis XV, Louis XVI. On ne pouvait assurément mieux faire pour reposer l'œil des raideurs du style Premier Empire. L'horlogerie, surtout pour les pendules, a suivi le goût du jour. On voyait à l'Exposition de beaux échantillons du type *Boule*; soit en pendules marquetées cuivre et écaille, soit en bronzes délicatement fouillés et ciselés; à chaque pas les sections françaises offraient des merveilles. Elles étaient *seules* à produire des spécimens de l'art le plus pur. — Dans les splendides collections de l'art rétrospectif, au Trocadéro, on retrouvait des modèles superbes, dont l'immortelle vieillesse rivalisait de grâces et d'éclat avec leurs jeunes copies du Champ-de-Mars.

Les *Pendules de voyage* (encore un groupe exclusivement français et surtout parisien) faisaient merveille à l'Exposition. Il faudrait citer tous les noms inscrits sur les vitrines, car tous offraient des produits ayant chacun leur mérite spécial : nous citons au hasard, MM. Rodanet ; Paul Garnier ; Soldano ; Drocourt ; Rédier ; Bréguet ; Déjardin ; Margaine ; Lefrand ; etc., etc.

Dans la section suisse, notons la vitrine de M. Ellfroth, le doyen de l'horlogerie helvétique : il a exposé une petite pendule de voyage, pièce unique au monde, probablement à raison de sa petitesse, de ses fonctions multiples, et de sa merveilleuse exécution. Ce bijou mesure 60 millimètres de hauteur sur 36 millimètres de largeur ; il marche 8 jours ; sonne l'heure comme un horloge et la répète à volonté ; indique les quantièmes de jours, des semaines, des mois, les phases de la lune. L'échappement est à ancre ligne droite, et à balancier compensateur. C'est une des plus étonnantes merveilles de l'Exposition. M. Elffroth a exposé encore une bague qui renferme une montre à secondes indépendantes ; des porte-crayons dont la tête (mesurant 10 millimètres carrés) porte une montre indiquant l'heure et les quantièmes de jours et de semaine. Cela fait frémir de penser à la ténuité fabuleuse des organes microscopiques que renferment ces infiniment petits !

Hâtons-nous, car l'examen de ce monde artistique serait interminable : Voici les pendules à quantièmes de MM. Beillard ; Bocquet ; Brocot ; Requier ; etc. — Les pendules tournoyantes de M. Farcot, le promoteur du pendule-conique, de la pendule-veilleuse, etc. — Les pendules à balancier libre, de M. Guilmet : l'idée en est ingénieuse, quoique un peu compliquée malgré son apparente simplicité. Le mouvement d'oscillation est transmis au balancier « *libre* » par l'impulsion que reçoit imperceptiblement la statue posée sur la pendule. A cet effet, le plateau ou socle en bronze qui porte cette statue n'est pas établi parfaitement *plat* sur le marbre ; il peut donc opérer un petit mouvement de berceau que lui imprime l'échappement en contact avec lui. C'est ainsi que la statue tout entière se balance à droite et à gauche et entretient des oscillations dont la cause échappe aux yeux du spectateur. Il est douteux que l'art chronométrique gagne beaucoup à cette mécanique équilibriste : néanmoins l'idée est originale ; les pièces ont un aspect agréable.

Pendant que nous en sommes aux *mystères*, mentionnons les cadrans mystérieux de MM. Robert, Rosset et Cadot.

Le système employé par les deux premiers est un badinage équilibriste dont l'origine se perd dans la nuit des temps.

Une aiguille, enfilée à frottement très-libre sur un axe planté à demeure au milieu d'une glace figurée en cadran, tourne sur cet axe. L'aiguille en question porte, caché dans une rosace figurée à une de ses extrémités (la plus courte), un mouvement de montre lequel en guise d'aiguille porte une tige terminée par un poids. Dans sa marche, la montre fait progresser ce poids autour d'elle-même, et de là résulte un déplacement successif de l'équilibre établi entre la pesanteur relative des deux bouts de la grande aiguille, et celle-ci tourne, indiquant les heures, au fur et à mesure que le poids se déplace autour de la montre.

Si on veut faire fonctionner deux aiguilles, l'une marquant les heures, l'autre les minutes, on place à celle des heures une montre munie d'un poids fixé sur la *roue d'heures* , et sur celle des minutes une montre munie d'un poids fixé sur la *roue de minutes*. Par exemple, il faut deux montres bien réglées, sans cela on est exposé à voir les minutes avancer indiscrètement sur les heures ou *vice versâ;* mais, pour un jeu mécanique, il ne faut pas y regarder de si près. Les deux aiguilles tournent très-librement sur leur axe et reviennent à leur position normale, par un mouvement d'oscillation absolument identique à celui d'un fléau de balance : il est bizarre et amusant de voir ces aiguilles tourner follement, chacune dans son sens, lorsqu'on leur imprime un mouvement quelconque avec le doigt, et revenir très-sagement à leur place, c'est-à-dire à l'heure.

M. Henry Robert (déjà nommé aux chronomètres et aux compteurs), a élevé ce jouet horaire à la hauteur d'une fabrication tout-à-fait soignée : on ne saurait fabriquer avec plus de goût, d'élégance, de précision et d'économie.

M. Rosset emploie aussi deux aiguilles. mais reliées entre elles, croyons-nous, par un petit rouage qui les rend solidaires. Par ce moyen, est obtenu la constante concordance des minutes avec les heures.

La pendule de M. Cadot est encore plus mystérieuse : une glace cadran debout dans un cadre, deux petites aiguilles au centre, voilà tout.

Ici l'artifice est un peu plus compliqué : dans le socle creux qui porte le cadre, se trouve un mouvement de pendule mis en communication de contact avec la glace; disons mieux, *les glaces*. Effectivement, il y a dans la rainure du cadre deux glaces si bien ajustées, si transparentes, qu'on croit n'en voir qu'une seule. Une de ces glaces est mobile pour obéir à l'action du mouvement: par cette action invisible cette glace est soulevée ou abaissée verticalement; elle agit alors à peu près comme une bielle motrice et, par un intermédiaire analogue à une manivelle, elle fait tourner une très-petite minuterie conduisant les aiguilles ; il faut que cette minuterie soit bien mignonne, car le diamètre du centre des aiguilles suffit à la cacher. Nous avons vu dans les ateliers de M. Henry Robert des pièces de ce genre admirablement bien établies.

La pendule *cosmographique* de M. Mouret mérite un bon souvenir : par le même mouvement horaire est mené un globe représentant la terre, et qui prend successivement toutes les positions diurnes et annuelles que notre planète occupe dans l'espace. A tous les points de vue c'est un mécanisme intéressant, d'aspect décoratif, digne d'être placé sur la cheminée du savant ou de l'homme du monde, utile et agréable à consulter en toute occasion.

En terminant cette revue rapide, nous devons des mentions très-honorables aux expositions des écoles d'horlogerie , trop peu nombreuses , hélas ! et qui pourtant sont si importantes pour le présent et l'avenir de l'horlogerie : on en comptait huit : deux pour la France ; Besançon et Cluses : six pour la Suisse ; Bienne, Chaux-de-Fonds, Fleurier, le Locle et Genève. — Les produits exposés représentaient la progression complète des ouvrages des élèves, depuis la pièce la plus simple, jusqu'aux mécanismes les plus complets. L'examen des vitrines de chaque école était extrêmement intéressant : on pouvait y constater une direction habile et rationnelle de la part des maîtres, et un travail estimable de la part des élèves.

L'École « nationale » de Cluses doit être signalée avec éloges pour M. Benoit, son éminent directeur. Elle présentait la plus complète collection qui existe de tous les échappements connus ; elle présentait aussi tous les organes de la montre et de la pendule, séparés ou assemblés, à toutes les périodes de la fabrication : les nombreux dessins des élèves étaient, pour la plupart, d'une correction et d'une netteté admirables.

La section française offrait au visiteur une vitrine unique en son genre, celle de M. Saunier : un savant et un artiste tout à la fois ; l'auteur bien connu de la *Revue chronométrique* (seule publication de ce genre que possède la France) et du *Grand traité d'horlogerie moderne* (le plus beau et le meilleur ouvrage qui existe sur la matière).

Outre une collection complète de ses œuvres littéraires, dont le début remonte à un quart de siècle, M. Saunier a exposé une série d'instruments qui présentent l'application mécanique des théories de la science chronométrique. Ces appareils de démonstration, qui fournissent la partie expérimentale des lois pratiques de l'horlogerie, sont d'un examen très-attachant, surtout en ce sens qu'ils rendent palpables les grands problèmes de cette science et leurs solutions.

M. Saunier a aussi exposé plusieurs types d'échappements nouveaux qui sont de sa création. Le spécimen le plus digne d'étude est sa transformation de l'échappement Duplex ; il y a là certainement une combinaison nouvelle, appelée au plus sérieux succès. Ce nouvel échappement, applicable aux pièces d'horlogerie portatives, présente les qualités suivantes : le repos sur l'axe se fait rigoureusement à la tangente ; l'entaille faite dans l'axe est un vrai réservoir à huile, et, malgré cette entaille, l'axe reste fort solide. La levée qui, dans le Duplex ancien, ne pouvait pas varier pour une grandeur de roue, ici peut être plus grande ou plus petite à volonté. Ce nouvel échappement réunit donc toutes les qualités de l'ancien, après en avoir fait disparaître les défauts. Nous en donnons ici la description.

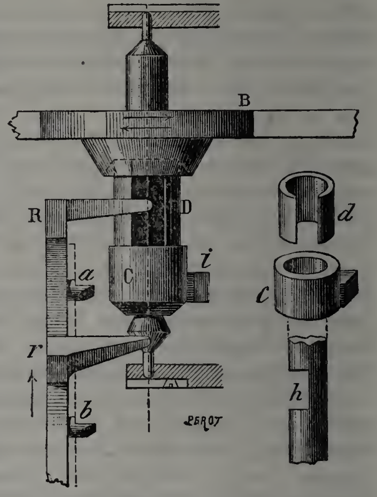


Fig. 39. — La roue R (roue de repos) porte sur son contour de grandes dents relevées du champ (deux seulement sont représentées en R et *r*) ; et à l'intérieur un même nombre de petites chevilles *a*, *b*. Si on ne voulait pas implanter des chevilles dans la roue même, on placerait à l'intérieur de celle-ci une petite roue portant des dents en saillie comme *b* et *a*. La ligne pointillée de *b* en *a* représenterait alors l'épaisseur du fond de cette petite roue, qui est la roue d'impulsion. — L'axe du balancier B est cylindrique ; il est coupé à la hauteur de repos de la grande roue d'une entaille *h*. Sur cet axe, au point de repos, est chaussée une écorce cylindrique D (vue isolée en *d*) et au-dessous de l'écorce cet axe porte le doigt d'impulsion C (vu isolé en *c*). — Fonctionnement. — Le balancier B tournant vers la droite, la dent R reste immobile appuyée sur l'écorce en mouvement de rotation D. — Au retour du balancier cette dent R pénètre dans l'ouverture de l'écorce (qui correspond à l'entaille de l'axe). Cette dent R s'avance alors en pressant sur la lèvre de l'écorce et lui échappe au moment où le doigt *i* qui vient de passer devant la dent *a*, se trouve en bonne position pour recevoir une impulsion de cette dent *a*. — L'impulsion terminée, la deuxième grande dent *r* s'appuie contre l'écorce ; un nouveau repos a lieu et ainsi de suite.

Enfin, M. Saunier a exposé un nouveau système d'outil à rectifier les dentures d'engrenages. Le principe de cet outil est une sorte de *pignon-lime*, animé d'un double mouvement de rotation sur lui-même, et de va et vient parallèlement à son axe. Ce pignon, mis en engrenage avec la roue que l'on veut rectifier, enlève les inégalités et les aspérités de la denture, il en résulte une correction parfaite, et, par conséquent, une bonne marche pour l'engrenage.

Ici se termine notre travail sur l'horlogerie à l'Exposition de 1878. Dans sa brièveté, cet aperçu chronométrique est aussi exact et complet que possible : telle a été la constante préoccupation de l'auteur.

J. Berlioz.

IMPRESSIONS ET TEINTURE
DES TISSUS
BLANCHIMENT ET BLANCHISSAGE

PAR

M. Jos. DÉPIERRE, ingénieur chimiste

SOMMAIRE

I. Historique : Des temps antiques jusqu'à 1867, inclus. — II. Progrès réalisés depuis 1867 : — Inventions, découvertes, perfectionnements, progrès réalisés depuis 1867, tant dans la partie chimique que dans la partie mécanique, concernant la teinture et l'impression. — Étude des matières colorantes sous le rapport de leur emploi dans les manufactures de tissus imprimés. — Revue des exposants. — Données statistiques concernant les impressions et les teintures. — Conclusions.

I. — HISTORIQUE.

L'Exposition universelle de 1878 ayant présenté au monde scientifique et industriel, non-seulement un ensemble des conceptions les plus récentes, mais aussi des documents tout à fait nouveaux, au point de vue historique des sciences appliquées, nous croyons devoir commencer cette étude par une rapide esquisse rétrospective de l'art de la teinture, de cet art qui est arrivé aujourd'hui à un si haut degré de perfectionnement.

L'art de peindre et de teindre les étoffes commence avec l'enfance des sociétés; et alors même que les hommes n'avaient point encore l'usage du vêtement, ils avaient déjà le désir de s'attirer les regards de la multitude par la couleur.

On trouve encore aujourd'hui ce goût chez les sauvages, qui se frottent le corps avec des terres colorées ou des sucs de plantes, comme jadis les Armoricains et les Bretons. Jules César, dans ses *Commentaires*, nous dit en parlant de ces derniers : *Omnes vero se Britanni efficit colorem atque hoc hòrridiores sunt in pugna aspectu.*

Primitivement, l'homme se servait de peau de bêtes ; puis il se servit de la toison des animaux, pour se confectionner des espèces de feutre (1) et ce n'est que plus tard qu'apparut le vêtement tissé. Un des plus anciens ouvrages du monde, le *Ramayana* (2), fait de fréquentes allusions aux vêtements de couleur et à la manière dont on représente sur les monuments égyptiens, les robes parsemées de raies en zig-zag de différentes couleurs, et caractérise tout à fait le mode de teinture des étoffes de coton aux Indes. Dans l'histoire des Hébreux, nous trouvons à chaque pas des documents qui nous montrent que l'art de la teinture non-seulement était connu, mais même avait déjà progressé. Homère, qui

---

(1) Dumas, *Précis de l'art et de la teinture*, page 179. — (2) *Histoire ou course de Ramá*, poëme sanscrit par le poëte Velhymi.

vivait entre 1,000 et 900 av. J.-C., mentionne les étoffes de toutes couleurs fabriquées à Sidon (1). Les documents historiques relatifs à son époque attestent qu'à ce moment, le travail en Grèce était principalement réservé aux esclaves. C'était surtout dans les villes d'Athènes et de Corinthe que se faisaient les tissus (2).

Hérodote, qui a écrit vers 480 av. J.-C., nous parle (chap. CCIII, liv. 1), d'une certaine tribu de la mer Caspienne : « Dans ces forêts, dit-il, croissent, à ce qu'on » assure, certains arbres dont les feuilles pilées et mêlées à l'eau par les habi- » tants, leur servent à faire une teinture avec laquelle ils peignent sur leurs » vêtements des figures d'animaux ; les figures ainsi dessinées ne s'effacent » jamais et durent aussi longtemps que si elles avaient de prime abord été » tissées avec le vêtement ; elles font autant d'usage que le vêtement lui-même. »

La Phénicie s'était attiré une réputation universelle par ses *teintureries de pourpre*. L'époque de la découverte de la pourpre est évidemment très-ancienne, puisqu'au temps de Moïse, les Égyptiens, les Perses et les Indiens connaissaient la pourpre de Tyr (3). Homère compare ce rouge au sang coagulé. Aristote et Pline en parlent très-longuement. Suivant Théopompe, cité par Athénée (4), elle se vendait *au poids de l'argent* et si, dans la suite, elle devint d'un usage plus commun, on ne cessa pourtant d'en faire le plus grand cas. Aussi, Cornélius Népos, qui mourut sous Auguste (environ 50 ans av. J.-C.), raconte que pendant sa jeunesse, la pourpre violette valait environ 100 deniers la livre, soit 237 francs le kilog., et que la double pourpre de Tyr coûtait plus de 1,000 deniers, soit environ 2,700 fr. le kilog. Par suite d'une fausse interprétation des auteurs anciens, on a cru jusqu'ici que la couleur primitive naturelle de la pourpre était le rouge sang, et quand on désigne la pourpre romaine de nos jours, on entend parler d'un rouge vif. Or, M. Lacaze du Thiers, en discutant les textes et en les rapprochant des faits positifs fournis par l'observation directe, a parfaitement établi que c'est le violet plus ou moins foncé qui est la couleur naturelle de la pourpre (5). Pline, en indiquant comment de son temps, on teignait les tissus en pourpre, confirme cette opinion. On mêlait pour cette opération les pourpres et les buccins. « De ce mélange, dit-il, on obtient une teinture que l'on recherche et qui est le résultat du *sombre de la pourpre* et du *brillant de l'écarlate*. Les deux couleurs ainsi combinées se prêtent mutuellement du sombre et de l'éclat. Pour avoir une excellente teinture, il faut pour : 50 livres (16 kilog. 359) laine mêlée, 200 livres (65 kilog. 436), buccin 111 livres (36 kilog. 316), pourpre. C'est ainsi que s'obtient cette superbe couleur d'améthyste, c'est-à-dire violette (6). »

Les Brahmanes conservent dans les pagodes des reliques de la plus haute antiquité, et ornées de vêtements de soie teinte. *Les toiles bleues* et les mouchoirs de *Madras*, les *cachemires*, les *bandanas*, le *rouge des Indes*, le *paliacat*, le *nankin des Indes* et de la Chine, l'*indigo* ou *indicum*, la *cuve d'Inde*, les *perses* : voilà des noms consacrés depuis des siècles dans le commerce de toutes les nations, et qui prouvent bien que c'est de l'Asie orientale que nous sont venus les premiers procédés de teinture et de peinture des fils et des tissus.

Bien des procédés de teinture ou des applications se rattachant à la chimie, qui nous paraissent nouveaux, sont déjà cités par Pline l'ancien, qui écrivait à l'époque où l'industrie romaine avait atteint son apogée. Sans entrer dans des développements qui nous entraîneraient trop loin, nous mentionnerons parti-

(1) *Illiade*, livre VI, vers 289. — (2) *Thucidide*, VI, c. 227. — (3) *Exode* XXVI, etc. — (4) Athénée, Δειπνος ; chap. XXXI, vol. II, p. 455. — (5) Voir Lacaze du Thiers, *Mémoire sur la pourpre*. *Mémoires de la Société des sciences de Lille* 1849, page 303 ; et *Lettre sur la pourpre phénicienne* à M. Bertrand. *in-Revue archéologique* 1864, vol. IX, page 216. (6) Pline, liv. IX, c. LXII, 38.

culièrement ce qui est relatif à notre sujet, tel que le *rouissage* et la *filature* du *lin* (1), le *blanchiment* de la laine à l'aide du soufre en combustion (2), la *teinture à la garance* (3), l'*emploi de l'alun* (4), le *mordançage* (5); l'emploi de la *noix de Galles* pour le tannage des cuirs (6).

La coloration des tissus était déjà assez avancée dans l'ancienne Égypte, d'après le passage suivant que nous empruntons également à Pline (liv. XXXV, ch. 42-11). « En Égypte, on emploie une poudre très-remarquable pour la coloration des tissus. Après avoir pressé l'étoffe qui est blanche au commencement, on la sature, non pas avec des couleurs, mais avec des réactifs destinés à absorber la couleur. Ceci fait, on plonge dans une chaudière de teinture bouillante le tissu, qui n'a pas subi de changement apparent; puis, le matin suivant, on le retire complétement coloré. Il y a de plus ce fait singulier, c'est que, bien que la teinture de la chaudière soit de couleur uniforme, l'étoffe, au moment où on la retire, est teinte de diverses couleurs, suivant la nature des réactifs que l'on a respectivement appliqués, et ces couleurs sont ineffaçables. »

Les documents sur la teinture et l'impression des tissus à l'époque de la période romaine, font défaut par la raison que les Grecs et les Romains qui héritèrent de leurs procédés industriels, négligèrent de les décrire, l'industrie étant considérée comme une occupation indigne de l'homme libre. On peut cependant regarder comme certain que les Orientaux et surtout les Indiens n'ont pas apporté de modifications sensibles aux procédés de leurs ancêtres. Nous verrons plus loin quels moyens primitifs ils emploient encore de nos jours. Les procédés de teinture sont à peu près les mêmes quant aux divers peuples, mais les moyens d'impression diffèrent. Dans l'Inde, ils appliquent et pointillent leur mordant avec une espèce de tire-ligne garni d'une petite éponge ou tampon qui contient la composition, laquelle ils prennent légèrement et à mesure du besoin. Les Chinois appliquent des sortes de plaques en carton ou gabarrits découpés, et, avec des pinceaux, passent la couleur sur le tout. Ils emploient encore le mattage avec la cire en l'appliquant sur toute la pièce, puis en enlevant ensuite cette cire avec un poinçon de bois, aux endroits où la teinture doit se faire. Enfin, à Java, et nous y reviendrons avec détails, on se sert d'une espèce de pipe, munie d'un orifice à la partie inférieure. La couleur est renfermée dans ce qui constitue, dirions-nous, le fourneau de la pipe, et la couleur s'écoule par le petit orifice, pendant que l'on promène l'appareil sur le tissu.

Dans les premiers temps du christianisme, au moment de la centralisation exagérée des Romains, plusieurs branches de l'industrie avaient considérablement progressé; mais nous n'avons aucune description de procédés de cette époque. On sait bien que l'impression se faisait, et même que les produits gaulois étaient recherchés jusque dans la Capitale de l'empire. En 282, *Flavius Vopiscus*, qui a écrit la vie de l'empereur Carin, stigmatise le luxe des jeunes patriciens, qui dissipaient leur fortune pour *se procurer* entre autres choses, des *étoffes* qu'on fabriquait à Arras et qu'on appelait *byrri*. Le byrrus était une sorte de capote à capuchon, en usage dans toutes les classes sous les derniers empereurs. Sous les Romains, les diverses industries étaient groupées en *collèges* qui, plus tard, devinrent la *corporation* en France. Mais il est difficile de préciser l'époque à laquelle se fit cette transformation. Quelques corps d'état purent se grouper d'une manière assez compacte, et avec une organisation plus

(1) Pline, XIX, liv. II. — (2) Pline, XXXV, ch. L, et Apulée, *Métamorphoses*, ch. XLII. (3) Pline, XIX, ch. XVII. — (4) Pline, XXXV, ch. XLII. — (5) Pline, XVI, ch. IX. — (6) liv. XXXV.

ou moins rudimentaire; et parmi eux, nous trouvons la corporation des maçons qui, du temps de Charles Martel, jouissait déjà de certains priviléges, puis la corporation des boulangers, des bouchers, des *foulons*.

Ainsi que nous le faisions déjà remarquer, du temps de l'empire romain, l'industrie était une profession domestique, exercée par l'esclave au profit du maître. Chaque propriétaire d'esclaves faisait fabriquer chez lui non-seulement tout ce qui pouvait servir à son usage, mais il vendait les produits de leur industrie à tout acheteur. Depuis le ve siècle, on aperçoit la trace directe ou indirecte des corporations d'artisans libres, et elles formaient déjà à ce temps-là, dans beaucoup de villes, une des principales et des plus importantes parties du peuple. Déjà, du temps des Romains, la fortune favorisait les travailleurs libres, et Martial nous cite un *foulon* de Modène devenu assez riche pour offrir à la population des combats de gladiateurs (1).

Au milieu de l'effondrement général du monde romain, et par suite de l'in[illegible]vasion des barbares du Nord, tous les arts s'éteignirent dans l'Occident; u[illegible] seule chose resta, ce fut le cloître. Il devint un immense asile, et les populati[illegible] laborieuses, groupées et abritées à l'ombre des abbayes et des monastères s[illegible]vèrent les traditions des arts industriels et libéraux (2).

Du ve au viiie siècle, l'esprit religieux du peuple et la dureté des te[illegible]s avaient contribué à augmenter ces monastères. Chacun de ces établissem[illegible]ts formait comme une petite société qui pouvait se suffire à elle-même. Po[illegible] les besoins matériels, ils avaient des métairies qui étaient exploitées par des [illegible]ns et des serfs. Les moines et leurs serviteurs pratiquaient les méthodes [illegible]es, tout en cultivant les beaux arts. Ils fabriquaient les étoffes, teignaient [illegible] tissus, façonnaient l'ivoire, l'argent, etc. (3). Puis vinrent les Croisades. [illegible]ant cette période, le commerce européen et l'industrie prirent un nouv[illegible]ssor. Nous voyons que c'est en 1230, sous Louis IX, qu'il fut formé une co[illegible]ation dite *des Teinturiers* qui avait pour patron SAINT MAURICE.

En obéissant au principe d'association, les classes ouvrières du x[illegible] siècle assuraient leur indépendance; mais en échappant aux exactions [illegible]dales et à d'autres causes d'oppression, les artisans immobilisèrent leurs [illegible]cédés, et fermèrent la porte à l'esprit d'invention comme à l'action p[illegible]ressive des années. Dès le xiie siècle déjà, les dames italiennes faisaient u[illegible] pour leur habillement de l'écarlate de Caen; c'est-à-dire de tissus teints [illegible] rouge avec la garance cultivée en Basse-Normandie. La seule ville d'Ypres, [illegible]landre pouvait entrer en concurrence avec celle de Caen pour ce genre de p[illegible]its (4). Louis XI, voyant l'infériorité industrielle de la France, fit venir [illegible]s 1460, de Gênes et de Venise, des ouvriers habiles dans plusieurs branches [illegible] l'industrie, et notamment dans l'art de la teinture.

C'est sous Henri IV que furent établies à Rouen les premières fab[illegible]es dites de toile de Hollande (vers 1610), et cette ville était un des grands [illegible]tres de blanchiment de ces toiles. Il existe encore aujourd'hui le *quai des C[illegible]ndiers*, c'est-à-dire des blanchisseurs, le long duquel devaient se trouver [illegible]nis ces industriels. Il est nécessaire d'ajouter que les curandiers étaient loin [illegible] donner aux toiles le degré de blancheur qu'on leur donne aujourd'hui (5).

Jusqu'à présent, la teinture et l'impression ne nous présentent rie[illegible] de bien saillant. L'impression est encore dans l'enfance, et ce n'est qu'au xvi[illegible] siècle que nous voyons l'immense progrès que la mécanique fait faire à cet[illegible]t, par

(1) Martial, liv. III, L. IX. — (2) Les *Tapisseries*, par Castel. — (3) *Lettres* [illegible] *Servat-Loup*, abbé de Ferrières. — (4) *Dictionnaire bibliographique de la Garan*[illegible] par Cloüet et Dépierre. Voir *Préface* de Girardin, page 18. — (5) Corneille, *La Seine*-[illegible]*férieure*, page 187.

la découverte de la machine à imprimer, découverte faite en 1770 par l'écossais Thomas Bell. Ce fut un ouvrier constructeur nommé Lefèvre qui l'introduisit en France, où elle fonctionna d'abord dans la maison de Jouy chez Oberkampf. Outre cette invention capitale, le XVIIIe siècle vit encore de nombreux perfectionnements se produire dans la teinture: ainsi nous remarquons la découverte du chlorure de chaux par Scheele en 1774. En 1775, on emploie pour la première fois l'acide sulfurique dans l'indienne, en remplacement d'acides faibles obtenus par la fermentation de diverses matières. Bancroft introduit le quercitron en Angleterre, en 1775. Haussmann, que nous aurons à citer encore souvent, préconise en 1777 l'emploi de la craie pour obtenir de bonnes teintures avec les garances d'Alsace et de Hollande, et par ce moyen, il rend les rouges plus solides, ce qui permet de les aviver et par conséquent de les rendre plus beaux. En 1788, Henri Mather introduit à Manchester une méthode pour presser le velours, crée une fabrique de rouge turc, et, d'après E. Potter (1), invente aussi une machine à imprimer avec des rouleaux gravés en taille-douce. Haussmann découvre l'acide picrique qui ne fut employé en teinture sur soie qu'en 1847. C'est Guinon qui fit cette application. L'Angleterre importe, en 1797, pour 12,500,000 fr., d'indigo des Indes. Bancroft, en 1790, parle du fixage des couleurs par la vapeur.

1800. Découverte de l'enlevage blanc sur mordants d'alumine et de fer, par Haussmann. Cependant, d'après les lettres des missionnaires, cette application doit être moins récente, car le citron est tout particulièrement indiqué pour enlever le mordant quand l'imprimeur a fait un écart.

Couleurs d'application aux sels d'étain. — Enlevages colorés. — Aluminate de potasse. — Bleus de France de toutes pièces sur toile. — Vert pistache ou vert de Saxe, formé par le sulfate d'indigo ou l'acétate. — Emploi du nitrate de fer pour le noir d'application.

Toutes ces découvertes sont dûes à Jean-Michel Haussmann, de Colmar. Fryer et Bernett inventent la plaque à roussir. Ebinger, de St-Denis, construit une machine à imprimer continue, avec des cylindres gravés en relief.

1802. Invention de la roue à laver ou dash-wheel, en Angleterre. *1808.* Vert solide imprimé au rouleau découvert par Vidmer. On a longtemps désigné ce vert sous le nom de « vert faïencé, » à cause de l'oxyde d'étain introduit dans la couleur. Cet oxyde, teint en jaune, produisait du vert. — Introduction en France du genre *Lapis* par Soehnée l'aîné, de Munster (Alsace). — *1809.* Perfectionnements du genre lapis par Daniel Koecklin-Schouch, de Mulhouse. Invention de la réserve sous rouge lapis, par le même. Rose garance avivé à l'étain, découvert par la fabrique de Wesserling (Alsace).

1810. Premier fixage à la vapeur, en Alsace, chez Dollfus Mieg, à Dornach. La même maison trouve le procédé pour faire le vert solide à l'alumine. Raymond fait sur laine les premiers bleus dits bleus de France. — D'après Daniel Koecklin, Haussmann, que nous avons cité plus haut, avait déjà appliqué ce bleu sur coton, une dizaine d'années auparavant. — *1811.* Première installation des chauffages de cuve de débouillissage, de passages ou de savon de teinture, établie à Dornach (Alsace), dans la fabrique de Vetter-Thierry et Grosmann. — *1812 à 1814.* Flambage au gaz par Descroizilles, de Rouen. — *1817*-MM. Hartmann, de Munster, trouvent le moyen de ronger au rouleau les fonds unis teints en carthame. — *1818.* Découverte de la murexide, par Prout; mais l'application sur tissus n'a eu lieu qu'en 1856. — *1819.* Impression du genre *Aladin* ou fond violet avec impression jaune. Enlevage à la cuve décolorante. La même année, Lassaigne emploie l'acide chrômique, à l'état de bichromate

(1) *Rapport du Jury sur l'Exposition de Londres de* 1851.

de potasse. Application de la gravure lithographique à l'impression des étoffes de soie et de laine, par Haussmann.

1820. Les premiers *fondus* apparaissent en Alsace. Chauffage par la vapeur directe des cuves à teindre. On introduit en France les premières machines à laver, dites roues à laver; auparavant on se servait des plateaux à battoirs et des fléaux. Gris charbon, appliqué par Gonin père; albumine d'œuf, employée par le même fabricant. — *1822*. Machine à griller au gaz d'éclairage, inventée par l'anglais Hall. Introduction en Alsace de la gravure à la molette par Haussmann.

1824. Keller, de Mulhouse, perfectionne les tours à graver. — *1825*. Wright prend un brevet en Angleterre, pour blanchir *sous pression*. — *1826*. Blancs, enlevage, sur bleu cuvé inventé par Thomson. Il obtenait ce résultat au moyen de l'acide chrômique. Guimet trouve le mòyen de fabriquer artificiellement l'outremer. La maison Keittinger de Bolbec (aujourd'hui à Lescure), fabrique des bleus et verts enlevages, à l'indigo. — *1827*. Robiquet et Colin préparent leur charbon sulfurique. Mme Vve Bruckboech, à Ratisbonne près d'Augsbourg, se fait breveter pour l'emploi de la colophane dans le blanchîment. Le procédé passa en Écosse par M. Heinzelmann, et ne fut introduit en Alsace qu'en 1836.

J. Girardin signale à l'attention des manufacturiers un nouveau sel appelé prussiate rouge de potasse; il n'est employé avec succès et d'une façon pratique que 10 ans après (1838) par Dollfus-Ausset.

1828. Teinture à la continue imaginée par Hall, perfectionnée depuis par Halliwell en 1837. Sutcliff en 1844, Whitehead, Diggle et Thomson en 1846. — *1829*. François Davis indique comme un nouveau mordant applicable à la toile peinte, l'*urane* et *ses sels*. Il essaie en teinture la noix de Galles, le fustel, la graine de Perse, le campêche, la cochenille, la garance (1).

1830. Impression en couleur des chaînes, ce qui donne le genre *chiné*. Charles Dollfus, de la maison Witz-Blech de Cernay (Alsace), perfectionne la calandre. C'est peut-être une des premières machines dans lesquelles on ait eu soin de faire des aménagements destinés à protéger l'ouvrier (2).—*1832*. Application de l'oxyde de chrôme par Camille Koechlin. — *1836*. Graham essaie le *nickel*, et le *cobalt* comme mordants à appliquer en impression et en teinture. La garance et d'autres matières colorantes lui donnent des résultats, mais les couleurs, dit-il, ne lui paraissent pas recommandables. — *1837*. Dana, chimiste, maison Prince, à Lowell près Boston, emploie pour le blanchîment le *carbonate* de potasse au lieu de l'alcali caustique. Ce procédé, qui donne des résultats supérieurs, devint bientôt d'un usage général. Gastard, de Colmar, fabrique dans la maison Stackler, de Rouen, des rouges garance vapeur. — *1839*. MM. Girardin et Grelley trouvent le moyen de fixer la matière colorante de la garance par un autre procédé que celui de Gastard. Ils produisent des rouges avec un produit qu'ils appellent *colorine*.

1844. Procédé particulier de fondus, par Broquette. Ce genre a été désigné sous le nom de *frappé*. — *1846*. Chlorage au tambour trouvé simultanément dans deux ou trois maisons d'Alsace. Steinbach, Koechlin, de Mulhouse, Eck, de Cernay, Schlumberger jeune de Thann. — *1846*. Extrait de garance de Roux, stannate de soude sec par Mercer. — *1847*. Mercer emploie le premier le prussiate rouge et un alcali pour faire des enlevages sur indigo. — *1852*. Isaac Schlumberger offre, à Mulhouse, les premiers échantillons de garancine. — *1854*. Emploi du quercitron sulfurique que l'on appelle commercialement quercitrine. Application de la chlorophylle sur le coton par Hartmann et Cor-

(1) Voir *Transactions of soc. arts, London*, XLVIII, page 47.
(2) Voir Persoz. *Traité de l'impression des tissus*; 1846, vol. IV.

dillot. Alizarine commerciale de Pincoff et Schunck. Sacc, chimiste à Wesserling, fixe l'indigo par la vapeur; c'est ce procédé qui a servi depuis pour utiliser le bleu d'indigo avec rouge alizarine, sauf dans les cas de l'emploi du bleu à l'hydrosulfite. — *1857*. Emploi de l'albumine de sang. Indisine de Perkin. Application du blanc de zinc. Machine à rentrer les bandes de Dolfus-Mieg de Dornach.

1860. Les premières machines à huit couleurs fonctionnent en Alsace. Premières tentatives d'application du noir d'aniline sur tissus par Wilm. — *1861*. Violet de méthylaniline découvert par Ch. Lauth; bleu de Paris par Persoz, de Luynes et Salvétat. Blanchîment de la laine par le bisulfite de soude découvert par un nommé Dreuett; galvanoplastie, pour gravure des rouleaux; bleu de Mulhouse par Schaeffer et Ch. Grosrenaud. — *1862*. Vert à l'aldéhyde découvert par Cherpin, chimiste chez Usèbe à Saint-Ouen. Découverte du jaune de chrysaniline par Hoffmann. Plusieurs couleurs jaunes analogues sont découvertes à cette époque. — *1863*. Nouvelle machine à laver, inventée par Fritz Witz et Brown. Brun d'aniline découvert par Perkin. Le 28 janvier, John Lightfoot prend un brevet pour la préparation du noir d'aniline au perchlorure de cuivre. — *1864*. Jaune de Manchester, découvert par Martius; Ch. Lauth introduit dans la toile peinte l'emploi du sulfure de cuivre pour l'oxydation du noir d'aniline. Violets d'aniline dit violet Hoffmann (sels de rosaniline bi et tri-éthylée). — *1865*. Blanchîment au péroxyde de manganèse, par Tessié du Motay. — *1866*. Production de la fuchsine sans arsenic par Coupier. Vert d'aniline obtenu dans l'éthylation du violet de méthyle par Holliday. Vert de méthylaniline préparé industriellement par Ch. Lauth et Baubigny. — *1867*. Extraits de garance de Pernod.

Nous voici arrivés à la période de 1867, à cette Exposition que l'on croyait ne pouvoir être dépassée. Notre collègue M. Kaeppelin, dans un volume qui restera comme l'expression fidèle de cette grande manifestation de l'industrie, a indiqué tous les progrès et perfectionnements réalisés à cette époque. Nous allons, dans la seconde partie de cette étude, traiter spécialement des découvertes si importantes qui ont eu lieu depuis; découvertes qui ont complètement modifié la fabrication, tant de la toile peinte que des tissus teints, et sur lesquelles nous donnerons tous les développements que comporte un sujet aussi vaste et aussi intéressant.

PROGRÈS RÉALISÉS DEPUIS 1867.

S'il a été constaté des progrès sérieux dans l'intervalle de l'Exposition de 1855 à celle de 1867, il faut bien avouer que malgré la guerre néfaste qui a ravagé la France de 1870 à 1871, et malgré les perturbations économiques qui ont été les suites naturelles de cette guerre, l'industrie de la teinture et des toiles peintes a néanmoins été l'objet de découvertes et d'applications plus nombreuses et plus importantes que dans aucune autre période précédente.

Nous donnerons un exposé rapide de ces découvertes et de ces applications, nous réservant d'étudier plus complétement les produits qui présentent un plus grand intérêt.

Dans un aperçu sur les progrès réalisés de 1855 à 1867, M. Persoz signale ce qui suit : « L'invention de nouvelles matières colorantes obtenues de la toluidine et
» de la méthyl-aniline; la transformation de la naphtaline en acide benzoïque, produit qu'il fallait retirer du règne organique; la découverte de nouvelles couleurs, principalement de celles qui dérivent du goudron de houille et leur application sur une vaste échelle à la teinture et à l'impression; l'emploi du zinc très-divisé à la réalisation des enlevages sur les teintures en couleurs

» d'aniline et pour la préparation des cuves d'indigo ; les perfectionnements » apportés dans la fabrication du rouge turc ; l'application de l'acide pyrogal» lique à la fabrication des fonds noirs ; enfin, l'emploi du pantographe, la res» tauration des vieux cylindres gravés, les améliorations et économies dans le » blanchîment, le perfectionnement des machines à apprêter et à laver ; l'em» ploi plus rationnel de la force destinée à faire fonctionner les machines à » imprimer. »

Les rapports du Jury international de 1867 ont fait ressortir la large part qu'a eue la France à ce grand tournoi. Nous devons faire remarquer qu'à cette époque l'Alsace faisait encore partie de la France, et que Mulhouse surtout avait tenu à honneur de justifier son ancienne réputation. Il n'a pu en être de même en 1878, et c'est en vain que nous avons cherché ces mousselines, ces organdis, ces jaconas d'un goût exquis, ces impressions, en un mot, où le fini de l'exécution égale la pureté du goût et l'harmonie de la composition.

Cependant, et nous nous hâtons de le dire, Rouen qui a centralisé en France la fabrication de la toile peinte, Rouen a montré qu'il pouvait mieux que le vieux genre connu sous le nom de *genre Rouen*, *garancine de Rouen, etc.*, et nous avons vu certaines impressions que Mulhouse n'aurait pas désavouées. Les genres meubles et les tissus pour vêtement, se sont trouvés fort dignement représentés. L'on sait qu'ils sont produits à des prix de beaucoup inférieurs, abstraction faite des droits que supporte l'indienne de Mulhouse par suite du nouvel état de choses.

Les principales améliorations et les découvertes faites depuis 1867 sont très-nombreuses, aussi ne signalerons-nous que les plus importantes :

1867. Safranine, signalée par Wilm, mais introduite dans la pratique industrielle par Perkin. Elle a remplacé pendant un certain temps le carthame, pour la teinture sur coton et sur soie. — *1868*. C'est dans cette année que fut faite la découverte si importante de l'alizarine artificielle. Cette matière colorante est exploitée déjà sur une échelle si vaste qu'il y a des teinturiers qui en emploient jusqu'à 1,500 kilos par jour (1), et des producteurs qui en fabriquent normalement 5,000 kilos par jour (2). Il existe même en Allemagne des usines disposées de façon à pouvoir produire *douze mille kilos* par jour.

Le chrôme est préconisé comme mordant pour couleur vapeur par Horace Koechlin. La naphtylamine qui donne des puces et des gris, est appliquée en grand par Lamy, de Deville : Blumer Zveifel invente un procédé permettant d'obtenir du violet par la naphtylamine, mais cette couleur a peu de résistance. Casassa fabrique les premiers rouleaux en caoutchouc pour mattage et chlorage. Le chlorate de baryte est préparé industriellement.

En 1870, Schützenberger qui a découvert l'acide hydrosulfureux, l'applique à la réduction de l'indigo, et l'indienneur peut, par ce nouveau procédé, combiner la garance avec l'indigo dans la même impression. On applique la pulvérisation de l'eau pour l'humectage des tissus, (machine Welter). — *1871*. Baeyer découvre l'éosine. Cette conception n'est que le prélude d'une série de découvertes toutes aussi intéressantes au point de vue scientifique que fécondes au point de vue industriel.

Une application des plus importantes faite en 1872, est celle des huiles rendues solubles ou acides sulfoléïques, il est intéressant de constater que Runge avait déjà préconisé ces corps en 1834, mais comme la garance ne pouvait encore s'appliquer qu'en teinture, l'idée de ce chimiste tomba dans l'oubli. —

(1) Voir *Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse*. Exposition du cinquantenaire, p. 15.

(2) Voir *Bibliographie de la Garance*, par Cloüet et Dépierre. Préface de Girardin, p. 18.

Delalande trouve le moyen de produire synthétiquement la purpurine, mais ce produit, quoique préparé industriellement par Courtois, de Mulhouse, n'est pas encore appliqué d'une manière suivie, dans la toile peinte. L'outremer *violet* a figuré pour la première fois à l'Exposition de Vienne comme produit industriel, mais ce n'est qu'en 1874 que la première application sur tissus est tentée. Des spécimens figurèrent à l'Exposition de l'Union centrale des Beaux-Arts de Paris. Croissant et Bretonnière inventent les gris dits aux sulfures organiques. Divers systèmes de vaporisage sont brevetés, nous citons seulement les plus intéressants : ceux de P. Richard, H. Cordillot, Rosenstiehl et D. Sifferlen. De nombreuses couleurs dérivées de l'aniline furent inventées en 1875 ; celles dont l'application s'étendit rapidement furent surtout le violet de méthylaniline et le vert d'aniline, que l'Allemagne et l'Angleterre consommèrent en quantités considérables.

Le premier vert solide, dérivé de la série phtalique, la céruléïne, est appliqué dans la toile peinte en 1876 seulement, bien que ce corps ainsi que la galléine fussent tous deux déjà connus depuis quelques années (1), application de la nitro-alizarine : Gauhe fabrique une nouvelle matière colorante dite *anthra-violet*. Cette substance a la propriété curieuse de teindre les mordants d'alumine en violet. Enfin, les années 1877 et 1878 nous amènent les découvertes du bleu d'anthracène par Prudhomme, puis le gris d'anthracène, l'outremer rose et brun, le noir d'aniline inverdissable, obtenu par le procédé ordinaire et suroxydé ; ensuite, le noir obtenu inverdissable de toutes pièces sur tissu, sans opération accessoire.

Si la chimie peut s'enorgueillir de ses nombreuses productions dans cette dernière décade, la mécanique n'est pas restée stationnaire, et nous allons voir qu'elle n'a pas peu contribué au perfectionnement de la toile peinte. Ainsi, en 1868, divers appareils de blanchîment sont préconisés : Leclerc invente une nouvelle broyeuse, Wiede, un foulon. Rosenstiehl applique la pression atmosphérique au tamisage des couleurs. Le séchage des tissus et des toisons se fait par le moyen de l'hélice Chaudet, que nous avons vu appliqué à la ventilation du Palais du Champ de-Mars : diverses machines, soit à gratter les tissus soit à tirer à poil, sont brevetées par MM. D'Argence et Lacassaigne, etc. Nous avons déjà indiqué les rouleaux garnis de caoutchouc, signalons l'extension de cette application aux presseurs des machines à imprimer. Signalons encore l'appareil à tordre les écheveaux, de Blondel ; la machine à teindre les bleus d'indigo, de Firth. Les chariots pour étentes à air chaud, de Blondel et de Delacroix ; les plieuses rectométriques plates, du même. De nombreux appareils de vaporisage, des élargisseuses, un appareil à graver par Ch. Riond ; des appareils permettant de fixer le noir d'aniline en quelques secondes, etc., etc.

Nous allons maintenant examiner successivement les diverses matières colorantes nouvelles, en ne nous occupant que des principales ; nous les prendrons suivant leur importance, en commençant par le *noir d'aniline*.

Noir d'aniline.

Le noir d'aniline, la plus solide des couleurs connues, et que pour cela on nomme à raison, noir indestructible, diffère de toutes les autres couleurs d'aniline en ce qu'il faut de toute nécessité le produire sur le tissu même : il a une faible affinité pour les matières animales, mais se fixe facilement sur les fibres végétales. C'est Runge (2), qui le premier en 1836, avait remarqué

(1) Voir *Traité des matières colorantes*, par Bolley et Kopp, p. 367 et suiv.
(2) Voir *Moniteur scientifique*, 1863, p. 533. *Coloration des étoffes*, par Dolfus-Ausses p. 425.

que le chrôme, en agissant sur un sel d'aniline, donnait des colorations diverses, et surtout un vert qui par les alcalis passait au noir. Willm essaya en 1860 d'appliquer cette réaction à l'impression; mais ce n'est qu'en 1863 que réellement le noir d'aniline fut rendu pratique. Lightfoot d'Accrington imprima du chlorhydrate d'aniline, épaissi convenablement, puis mélangé de chlorate de potasse et de chlorure de cuivre. Mais on renonça à ce procédé, parce que les tissus étaient souvent altérés, et que les laines étaient attaquées par l'acidité de la couleur.

On remédia à cet inconvénient en tournant la difficulté. M. Camille Koechlin plaquait ses pièces en sels cuivriques, et y imprimait du sel d'aniline mélangé de chlorate; mais ce procédé limitait l'emploi du noir et ne pouvait permettre l'emploi des autres couleurs. M. Cordillot proposa alors l'emploi des ferri-cyanures, et c'est encore aujourd'hui un des noirs les plus employés pour le vaporisage direct. Quand on peut oxyder et que les couleurs se prêtent à ce traitement, on fait monter le noir qui est le noir ordinaire, par oxydation, puis on passe un ammoniaque gazeux et enfin on vaporise comme d'ordinaire. M. Lauth eut l'heureuse idée de substituer aux sels de cuivre solubles un sel insoluble : le sulfure de cuivre. Mais comme la couleur par elle-même peut s'oxyder, M. Paraf proposa d'ajouter quelques $^1/_{1000}$ de sulfhydrate d'ammoniaque, et, dans ces derniers temps, d'autres chimistes (1) proposèrent simplement l'addition d'ammoniaque et de quelques gouttes d'une dissolution de violet d'aniline servant à indiquer le point de saturation de l'acide du chlorhydrate.

Les formules que l'on a indiquées depuis pour faire des noirs d'aniline sont pour ainsi dire innombrables. On a employé le chlorate de soude à cause de sa solubilité, le chlorate d'alumine, le sulfocyanure de cuivre, le chlorate de chrôme, les sels de fer, les sels de manganèse, les sels de vanadium, de cérium, etc., etc., et, suivant les praticiens, c'est encore cependant la méthode au cuivre pour les noirs par oxydation qui est une de celles qu'il faut préférer; le noir est plus *corsé*, plus intense, tandis qu'avec le vanadium ou le cérium, le noir paraît plus terne, plus maigre.

Les chimistes ne sont pas encore d'accord sur le nombre réel de noirs d'aniline; cependant, il est prouvé aujourd'hui qu'il en existe plusieurs, ne seraient-ce que le noir *verdissant*, celui ne *verdissant* pas, celui obtenu par vaporisage, etc. Cette question a beaucoup préoccupé les coloristes, surtout en Normandie et en Angleterre où le climat humide et l'emploi abusif du gaz déterminaient souvent des accidents; aujourd'hui, la question paraît résolue. On ne peut encore, il est vrai, produire le noir inverdissable avec toutes les couleurs comme le noir ordinaire, mais on peut déjà le fabriquer de façon à défier les réducteurs les plus énergiques. La fabrication en est assez délicate et nous pensons que sous peu nous verrons surgir l'emploi d'un corps insoluble agissant après coup, comme précédemment nous avons vu le sulfure de cuivre faciliter l'emploi du noir verdissable. Pour produire le noir inverdissable, on a d'abord fixé du noir verdissable, puis M. Jeanmaire essaya l'action des ferricyanures : après ce passage, les noirs ne verdissaient plus. A peu près à la même époque, en 1876, M. Glanzmann, puis Lamy proposèrent l'acide chrômique.

Depuis, on a complétement modifié cette fabrication en opérant ainsi : on foularde en bichromate de potasse et un corps légèrement hygrométrique, puis on imprime dessus une couleur contenant du sel d'aniline et des sels appropriés. Enfin, quelques chimistes prétendent imprimer de toutes pièces du noir inverdissable au moyen des chromates alcalins.

(1) Voir *Etudes sur le noir d'aniline*, par M. Witz, *Bulletin de la Société industrielle de Rouen*, 1874 à 1877.

Toutes les huiles d'aniline ne sont pas également bonnes pour la production d'un beau noir; celles dont le point d'ébullition est *au-dessous* de 186 degrés donnent généralement un très-beau noir, tandis que celles qui bouillent *au-dessus* de 190 degrés, et qui par conséquent contiennent de la toludine, ne donnent que des noirs ternes (1).

La teinture en noir d'aniline, aussi bien que l'impression, a passé par toute une série de phases,et il est à remarquer que l'on cherche toujours la difficulté quand le moyen le plus simple devient le résultat final et est celui qui aurait dû nécessairement se présenter le premier à l'idée.

Nous trouvons d'abord dans les cent et quelques brevets pris pour l'application du noir d'aniline, celui d'Allard qui passe alternativement en bichromate, sèche, puis passe en aniline. Paraf-Javal, employait un procédé analogue, mais ce noir brûlait les tissus. Plus tard, Jules Persoz fils aspergea les pièces de bichromate et de sel d'aniline ; il employait avec avantage un appareil dans le genre de l'appareil Giffard, pour pulvériser les liquides, et égalisait ainsi le noir. Le même appareil a été utilisé pour les apprêts par M. Depouilly, qui l'avait également employé pendant le siége comme chalumeau à pétrole pour la fusion des canons; c'est un système analogue que j'ai indiqué pour pulvériser des substances liquides dans le vaporisage des toiles peintes (2).

Un autre procédé fut celui de M. Lauth (3), qui proposa de mordancer en manganèse, puis de teindre en aniline.

Muller Pack fit breveter en 1872 la méthode suivante: on plongeait les tissus pendant 24 heures dans une dissolution de chlorure ferreux à 12 degrés B^{e},puis on laissait oxyder pendant 10 à 12 heures ; on imprégnait ensuite les pièces d'une solution composée d'un mélange de sel d'aniline et de chlorate de potasse; au sortir de ce bain,on les chauffait pendant 4 heures à 40 degrés dans des tambours tournants. — Goppelsroeder (4) a proposé une cuve préparée avec un noir électrolytique. Comme le noir d'aniline est soluble dans l'acide sulfurique fumant, on en dissout, dans ce véhicule, une certaine quantité; puis cette solution versée dans l'eau est neutralisée. En teignant dans cette cuve on obtient des gris qui, par passages, réitérés, donnent du noir.

Le procédé le plus employé et en même temps un des plus simples pour obtenir le *noir d'aniline ordinaire*, consiste à mélanger dans une cuve du sel d'aniline, du chlorate de potasse ou de soude et de l'acide sulfurique avec un peu de bichromate de potasse; on remue constamment, et au bout de quelques heures, la teinture est complète. Pour obtenir au contraire, du noir *inverdissable*, il suffit de mélanger à froid une solution de bichromate à une dissolution de sel d'aniline, d'y plonger le tissu ou les écheveaux et de les y remuer pendant un certain nombre d'heures; on obtient, après savonnage, un noir absolument inverdissable. Quant à ce qui concerne la théorie du noir d'aniline, voici l'opinion que l'on s'en formait dès le principe: on admettait que, vu la propriété que possède le cuivre de former deux séries de sels, en présence du sel d'aniline,le sel de cuivre était réduit, l'oxygène servait à oxyder l'aniline et à former le noir, le chlorate réoxydait à nouveau le sel de cuivre et ainsi de suite ; de cette façon, avec une très-petite quantité de métal, la réaction pouvait se renouveler indéfiniment. Une autre théorie a été émise par M. Rosenstiehl : d'après lui (5), le cuivre forme du chlorate de cuivre; ce corps, mis en présence de sels d'aniline, se décompose à une assez basse température et les produits en agis-

(1) *Dinglers, Polytechnisches, Journal*, tome CII, p. 389. — (2) *Traité du fixage des couleurs par la vapeur*, par J. Dépierre, 1879, E. Lacroix, Paris. — (3) *Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse*, 1873, p. 437. — (4) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1877, p. 448. — (5) *Bulletin de la Société chimique*, 1876, p. 356. Paris.

sant sur l'aniline forment le noir. On a longtemps cru que le cuivre était indispensable à la production du noir; mais il est aujourd'hui *avéré et reconnu que la présence des métaux n'est pas nécessaire et que le noir n'est qu'un produit d'oxydation.* Dans l'industrie, il faut toujours ajouter un métal pour faciliter la réaction (1).

MM. Coquillon et Goppelsroeder ont étudié le noir d'aniline; d'après ce dernier, la composition du noir électrolytique serait la suivante (2) :

$C^{24} H^{21} Az^4 Cl. = (C^6 H^5 Az)^4 H Cl.$, ou le chlorhydrate d'une tétramine.

Arm. Muller, avait indiqué la formule suivante : $C^{12} H^{14} Az^2 O^{11}$. — Nietzki, qui fit de nombreuses recherches pour établir la constitution du noir, trouva pour le chlorhydrate séché à 100 degrés : $C^{18} H^{15} Az^3 H Cl$; formule qui correspond à la composition donnée par Hoffmann et Geyger, du bleu d'azodiphényle et à la violaniline par Girard, Delaire et Chapoteaut. Nietzki admet que 3 molécules d'aniline se soudent avec élimination de six atomes d'hydrogène.

$$(C^6 H^5 Az H^2)^3. = (C^6 H^5)^3 Az^3 + 6 H.$$

R. Kayser (3) a également donné quelques analyses qui confirment celles de Nietzki : il admet la formule $C^{12} H^{10} Az^2$; enfin, dans ces derniers temps, Nietzki reprit l'étude du noir et arriva à la formule simplifiée de $C^6 H^5 Az$; il considère le bleu qui se forme par l'action de l'aniline sur le noir comme du noir d'aniline phénylé : $C^{36} H^{29} Az^5$.

$$C^{30} H^{25} Az^5 + C^6 H^7 Az = C^{36} H^{29} Az^5 + Az H^3.$$

Le noir, que l'on peut éthyler et acétyler, est toujours accompagné d'une autre substance qui se distingue parce qu'elle se dissout avec une couleur violette dans le chloroforme; ce corps, que l'on obtient par oxydation de l'*orthotoluidine*, a pour formule $C^7 H^7 Az$. En faisant bouillir le noir pendant longtemps avec l'étain et l'acide chlorhydrique ou avec de l'acide iodhydrique, ou encore du phosphore ordinaire, il y a décomposition. Une partie des produits de dédoublement passe en solution, tandis qu'il reste un corps goudronneux insoluble. En agitant avec l'éther, M. Nietzki a trouvé dans la solution deux bases qui se séparent par la différence de solubilité de leurs sulfates : l'une est le paradiamidobenzol, l'autre, la diamidodiphénylamine.

D'après M. Nietzki (4), le noir d'aniline ne doit pas avoir de rapports avec les corps amido-azoïques. La substance bleue obtenue par l'action de l'aniline sur le noir appartiendrait au groupe des indulines et aurait avec le noir les mêmes rapports que le bleu d'azodiphényle avec l'amidoazobenzol.

Terminons en ajoutant qu'aujourd'hui la teinture en noir inverdissable se fait déjà couramment en Angleterre et en Alsace. Il est probable que d'ici à peu de temps, l'article dit *deuil* subira une modification complète par suite de la teinture en pièces du noir dit inverdissable.

Notre carte d'échantillons donne, nº 7, un spécimen teint en noir d'aniline inverdissable obtenu par teinture.

(1) Voir *Moniteur scientifique*, Teinture et impression, par E. Kopp et A. Kopp. Décembre 1878, page 1330 et suivantes.

(2) *Monographie sur les études électro-chimiques des dérivés du benzol*, Mulhouse 1876.

(3) *Muster Zeitung*, 1876, p. 356.

(4) Berichte der *Deutsche chemische Gesellschafft* von Berlin, 1878, p. 1093.

En traitant l'alizarine et les nouveaux mordants gras, on obtient (voir l'échantillon n° 1) des spécimens de rouge alizarine avec noir d'aniline par application et des rouges et rose d'alizarine par teinture avec addition d'acide sulfoléïque.

Alizarine artificielle.

« De toutes les substances qui servent en teinture, aucune ne mérite autant de fixer notre attention que la garance, qui est devenue d'un emploi si général qu'elle forme la base de presque toutes nos teintures, » écrivait, en 1828, M. D. Kœchlin Schouch, le doyen des industriels de l'Alsace. Encore aujourd'hui ces paroles sont exactes; aussi, de tous les produits employés en teinture, aucun n'a été l'objet de travaux plus nombreux et de recherches plus persévérantes que l'alizarine ou matière colorante de la garance.

Il suffira de rappeler les noms de D. Kœchlin, de Schunck, de Rochleder, de Kuhlmann, de Chevreul, de Decaisne, de Robiquet et de Colin, qui, en 1826, découvrirent l'alizarine pure. De Persoz, de Debus, de Wolff et Strecher, de Kopp, qui le premier indiqua le procédé pratique permettant d'isoler la purpurine de l'alizarine, et bien d'autres encore dont les travaux s'appliquèrent exclusivement à la garance et aux pigments qui y sont contenus. Par une sorte de pressentiment scientifique, tous les chimistes s'accordaient à croire que l'on devait arriver, sinon par une synthèse complète, du moins par une suite de combinaisons successives, à créer artificiellement cette matière colorante qui occupait aussi l'attention de la plupart des savants.

Une série de considérations (dans lesquelles des formules plus ou moins exactes tenaient, il est vrai, une place plus prépondérante qu'il n'aurait fallu) avaient amené à croire que c'était dans la série naphtalique qu'il fallait classer les matières colorantes de la garance.

Laurent, s'appuyant sur la transformation de l'alizarine en acide phtalique et en acide oxalique par les agents oxydants, et sur les apparences de matières colorantes que montrait son acide chloroxynaphtalique, avait induit tout le monde à croire que l'on résoudrait le problème en arrivant à l'acide oxynaphtalique $C^{10} H^6 O^3$, qui, d'après lui, n'aurait été autre que de l'alizarine. Cette formule a été adoptée pendant longtemps au détriment de celle de Schunck qui avait proposé $C^{14} H^8 O^4$; ce qui prouve combien le produit avec lequel il avait opéré était pur, puisque sans aucune idée théorique il était arrivé à la véritable expression, par la seule évaluation de son analyse immédiate. Toutes les recherches dirigées dans l'espoir de produire l'alizarine artificielle avec la naphtaline, restèrent donc infructueuses.

Des matières colorantes nombreuses furent trouvées, dont les plus remarquables sont celles de MM. Troost, Schützenberger et Willm, Scheurer, Kestner et A. Richard, etc., et Roussin, dont la naphtazarine, obtenue par réduction de la binitronaphtaline a, par ses allures générales, donné lieu de penser un moment que le problème touchait à sa solution. Enfin, MM. Schützenberger et Lauth arrivèrent à remplacer le chlore par l'hydrogène dans l'acide chloroxynaphtalique, et reconnurent que le *desideratum* de Laurent n'était pas fondé, et que l'acide oxynaphtalique ne ressemblait en rien à l'alizarine. La question en était arrivée à ce point, lorsque MM. Graebe et Liebermann, guidés par les belles recherches du premier sur les quinones, qui l'avaient amené à regarder l'acide chloroxynaphtalique comme un quinone, eurent l'idée de considérer aussi l'alizarine comme appartenant à cet ordre de produits. Pour avoir la preuve

expérimentale de cette supposition, ils durent chercher quelle était la constitution du carbure d'hydrogène qui était la base de l'alizarine (1).

Appliquant avec bonheur la méthode de Baeyer de réduction par le zinc des composés aromatiques, ils obtinrent, à leur grande surprise, un carbure qui n'était autre que l'anthracène ; et la netteté de la réduction fut si grande qu'ils ne produisirent que de l'anthracène complétement pur, dans cette mémorable expérience (2). Partant de ce principe, ils appliquèrent à l'alizarine la formule $C^{14} H^{8} O^{4}$, déjà indiquée par Schunck et Robiquet, et proposée nouvellement par Bolley et Rosa, et la considérèrent comme un bioxyanthraquinone. De là à l'idée de reconstituer l'alizarine avec le radical anthracène, reconnu véritable générateur, il n'y avait qu'un pas.

MM. Graebe et Liebermann eurent bientôt réalisé cette découverte, et le 14 décembre 1868, ils brevetèrent en France l'obtention artificielle de l'alizarine. Leur brevet indique d'abord la transformation de l'anthracène en anthraquinone, au moyen du bichromate de potasse et de l'acide acétique ou sulfurique. Cet anthraquinone est converti en bibromanthraquinone, lequel enfin est chauffé en vases clos de 180 à 260 degrés avec une solution de potasse ou de soude, afin de substituer aux deux molécules de brôme, deux molécules d'hydroxyle. Cette réaction donne ainsi naissance à l'alizarine.

$$C^{14}H^{6}Br^{2}O^{2} + 2\,(KOH) = C^{14}H^{6}O^{2} \left\{ \frac{HO}{HO} \right. + 2\,KBr.$$

Ils indiquèrent en outre que, dans cette préparation, le brôme pouvait être remplacé par le chlore. Une autre modification consistait à traiter immédiatement l'anthracène par un excès de brôme, pour obtenir le tétrabromure de bibromanthracène. Cette combinaison, chauffée avec une lessive alcoolique de potasse, se convertit en tétrabromanthracène, que l'on pouvait amener à l'état de bibromanthraquinone par l'action de l'acide azotique étendu d'eau. Ce brevet, bien que n'étant pas entièrement industriel par suite des difficultés qu'implique l'action du brôme, *réalisait pourtant complétement la préparation artificielle de l'alizarine.* On ne tarda pas cependant à substituer au brôme des agents plus faciles à manier et d'un prix moins élevé. Brauner et Gutzkow, dans un brevet très-vague, pris le 29 mai 1869, indiquèrent l'action de l'acide sulfurique sur l'anthraquinone, en faisant suivre ce traitement d'une réaction par de l'azotate de bioxyde de mercure, dont on est encore à se demander le but.

Le 25 juin 1869, Graebe, Liebermann et Caro brevetèrent l'action de l'acide sulfurique concentré à haute température sur l'anthraquinone, afin de le transformer en acide bisulfoanthraquinonique, qui remplaçait, dans le brevet principal, le bibromanthraquinone, et qui, traité comme lui par la potasse caustique, formait l'alizarine. Cette industrie, née il y a 8 ans, a déjà donné des résultats considérables, et a pris immédiatement une place très-large dans la consommation. Ainsi, il y a déjà aujourd'hui en Europe une quinzaine de fabriques d'alizarine réparties comme il suit :

Environ 10 en Allemagne ; 1 en Angleterre et 3 en Russie.

Malheureusement pour cette industrie, les débuts n'ont pas été lucratifs et les essais sont tellement dispendieux que plusieurs de ces usines ont déjà été obligées d'arrêter leur fabrication.

(1) Voir *Bulletin de la Société industrielle de Rouen*, 1875. Etude sur l'alizarine artificielle par Duprey.

(2) *Comptes rendus de la Société chimique de Berlin*, 7 mars 1868.

La production journalière de tous ces établissements peut être évaluée de 3,600 à 3,800 kil. d'alizarine sèche, soit annuellement de 1,000 à 1,200 tonnes. Trois d'entre eux fournissent par jour 23,000 kil. d'alizarine en pâte à 10 % ou les $^{64}/_{100}$ de la production totale. En se basant sur le mois de janvier 1878, on peut avancer que le rendement pour cette même année a dû être de 8,500,000 kil. d'alizarine en pâte à 10 %, représentant environ 30,000,000 de kilos de garance.

Il n'y a pas encore de fabrique d'alizarine en Amérique. Les Anglais sont les plus grands consommateurs de ce produit. Le district de Manchester en emploie environ 100,000 kil., celui de Glascow, 140,000 kil. par mois, en tout 240,000 k. ou, par an 2,880,000 kil., c'est-à-dire le tiers de la production totale.

Depuis la découverte de l'alizarine artificielle, la fabrication du rouge turc a pris, en Angleterre et en Suisse, un développement énorme, qui correspond au décuple de la fabrication primitive de cet article en Alsace. En Amérique, la quantité du même produit mis en œuvre a été en 1877 :

Pendant le 1er trimestre de.		137,000 kil.	
—	2e —	176,000 »	
—	3e —	344,000 »	à 10 %.

Le relevé pour le 4e trimestre n'a pas encore été livré à la publicité.

La Russie principalement et le district de Moscou, absorbe de grandes quantités d'alizarine pour la confection du rouge turc. On sait qu'il y a des fabriques qui font jusqu'à 50,000 mètres de ce rouge par jour. On n'a pas de renseignements aussi précis sur ce qui se passe à ce sujet en Autriche, en Allemagne, à Barcelone, à Mulhouse, à Rouen. On sait seulement qu'à Elberfeld, on utilise de 40 à 42,000 kil. d'alizarine par mois, soit environ 500,000 kil. par an, et que Barcelone en demande certainement plus que Rouen et le reste de la France.

La France produit de 20 à 25,000,000 de kilos de garance. Pour remplacer ces quantités, il deviendrait nécessaire de fabriquer annuellement 4,800,000 kil. d'alizarine en pâte à 10 %. En admettant que l'anthracène pur puisse donner 50 % en moyenne de son poids en alizarine sèche, il faut arriver annuellement à une production d'environ 1,000 tonnes. C'est la quantité qui correspond à une distillation de plus d'un million de tonnes de houille.

Or l'industrie du gaz consomme en France près de 700,000 tonnes, et en Angleterre près de 2,000,000 de tonnes ; elle est donc en mesure de fournir au delà de la quantité nécessaire pour une extension aussi considérable de cette fabrication. Les quantités de houille ci-dessus indiquées peuvent donner 2,700,000 kil. d'anthracène à $^{1}/_{1000}$, qui, en admettant un rendement de 50 % seulement, *ce qui est au-dessous de la vérité*, donneraient 1,350,000 kil. d'alizarine sèche, ou 13,500 tonnes à 10 %. Quelques producteurs prétendent que les goudrons dans un court espace de temps feront défaut ; telle n'est pas notre opinion, et d'après les prévisions des fabricants d'alizarine, il y aura toujours plus d'anthracène qu'il n'en faudra, même pour doubler la fabrication actuelle de l'alizarine. D'après M. Armand Gautier (1), il a été produit en Angleterre seule, y compris le stock en magasin et pendant l'année 1877, environ 1,400 tonnes d'anthracène pur.

Les exigences de toutes les fabriques d'alizarine en activité à cette époque, ne dépassaient pas 2 tonnes d'anthracène *pur* par jour, soit 600 tonnes par an. M. Gauthier suppose que l'année suivante, la demande sera plus considérable ; mais, en admettant même qu'elle soit portée au double, ce qui fait 1,200 tonnes,

(1) *In Moniteur scientifique*, 1877, p. 1158.

l'Angleterre produirait encore 200 tonnes de trop. Or, il ne faut pas oublier que le continent en fournit aussi de grandes quantités. La Compagnie du gaz, (parisienne), utilise ses propres résidus, et, en réunissant ses produits à ceux d'autres grandes villes, fournit au moins 250 tonnes d'anthracène pur. Il faut encore tenir compte de la production de la Belgique, de la Hollande, des grandes villes de l'Allemagne et de l'Amérique. D'après cela, nous croyons pouvoir affirmer que la production de l'anthracène dépasse de beaucoup les besoins.

Quant au rendement en anthracène d'une tonne de houille, on ne peut rien avancer de précis, attendu que ce rendement varie avec les houilles, et d'après les températures auxquelles le gaz a été fabriqué. Du reste, depuis peu, les chimistes de la Compagnie parisienne du gaz sont arrivés à augmenter considérablement le rendement.

D'après M. Dehaynin, il a été produit en 1876 :

En Angleterre	120.000	tonnes de goudron.
En France	40.000	
En Allemagne	30.000	
En Belgique	15.000	
Divers	20.000	
En tout	225.000	

Ces données nous paraissent au-dessous de la vérité; il est difficile d'admettre en effet, que l'Europe, à part les pays cités (Angleterre, France, Allemagne et Belgique), n'ait produit que le dixième de la quantité totale indiquée.

En 1876, d'après des documents certains, l'Allemagne seule a fourni près de 4,000,000 de kil. d'alizarine à 10 %; on voit déjà, d'une année à l'autre, une progression considérable, puisque la production pour 1878, ainsi qu'il a été dit précédemment, est évaluée, d'après ce qui s'est passé en janvier, à 8 millions 1/2 de kilos de pâte.

Nous ne nous étendrons pas plus longuement sur l'alizarine. Nous allons terminer en donnant quelques recettes au moyen desquelles on peut réaliser les diverses applications auxquelles l'alizarine a donné lieu. L'échantillon n° 1 (rouge, rose, alizarine, fond noir d'aniline) représente un des genres les plus difficiles à produire. Le rouge et le rose ainsi que le noir d'aniline sont produits par l'action de la vapeur.

Les diverses recettes suivantes sont en partie dûes à MM. Frédéric Bayer et Cie de Barmen.

Epaississant pour rouge n° 1.

Amidon de céréales	6 kil.
Eau	20 lit.
Acide acétique à 6 degrés Baumé	17 »
Mucilage de gomme adragante (renfermant 60 gr. par litre)	10 »
Huile d'olive, qui doit être incorporée de la manière la plus parfaite dans l'empois	1.500 gr.

On remue jusqu'à complet refroidissement; on peut mettre de l'huile tournante, ce qui est préférable.

Epaississant pour rouge n° 2.

Amidon de céréales	6 kil.
Eau	17 lit.
Acide acétique à 6 degrés Baumé	17 »
Huile d'olive	1.500 gr.

Epaississant pour violet.

Amidon de céréales.	5 kil.
Eau.	18 lit.
Mucilage de gomme adragante (60 gr. par litre). . .	9 »
Acide acétique à 6 degrés Baumé.	3 »
Huile d'olive.	1.000 gr.

Mordant de nitrate d'alumine.

Nitrate de plomb.	10 kil.
Alun	10 »
Eau bouillante.	20 lit.

Laisser bien déposer le sulfate de plomb et décanter la liqueur claire. L'emploi de nitrate d'alumine au lieu d'acétate fait virer le rouge un peu plus à l'écarlate. Mais il exige l'emploi d'un peu plus d'acétate de chaux qu'il n'en faudrait avec l'acétate d'alumine.

Mordant d'acétate d'alumine. — On commence par dissoudre 36 kil. d'alun dans 400 litres d'eau, et l'on précipite la solution en y versant une solution de 31 kil. de cristaux de soude dans 400 litres d'eau. Le précipité est lavé huit fois par décantation. On le jette ensuite sur filtre, on laisse égoutter et l'on presse. 15 kil. de la pâte d'alumine ainsi obtenue sont introduits et divisés dans 6 litres d'acide acétique de 8° B; l'on chauffe à 32° C jusqu'à dissolution complète, puis on filtre et l'on étend enfin d'eau, si l'on a besoin d'une solution d'un degré Baumé moins élevé.

En thèse générale, pour 100 de pâte d'alizarine (à 15 $^0/_0$ de matière colorante sèche), l'on emploie 30 $^0/_0$ du poids de la pâte en solution d'acétate d'alumine marquant 12° B. Si la pâte d'alizarine est à 10 $^0/_0$ d'alizarine sèche, l'on y ajoute naturellement que 20 $^0/_0$ de son poids du même mordant d'alumine.

Mordant d'acétate de chaux — La solution d'acétate de chaux de 16° Baumé, renferme environ 25 $^0/_0$ de sel. Pour une pâte d'alizarine bien lavée, non acide, si elle est à 15 $^0/_0$ d'alizarine sèche, on emploie en moyenne 15 $^0/_0$ de son poids de mordant d'acétate de chaux; pour une pâte à 10 $^0/_0$ de matière sèche, on n'emploie que 10 $^0/_0$ de son poids de solution d'acétate de chaux à 16° B. Il est cependant toujours prudent de déterminer expérimentalement les meilleures proportions d'acétate de chaux à ajouter à une pâte d'alizarine donnée.

Recettes pour les couleurs vapeurs.

1° *Couleur vapeur pour fonds rouges.*

Pâte d'alizarine ou de purpurine à 15 p. 100. . . .	800 gr.
Ou pâte à 10 p. 100.	1.200 »
Acide acétique à 6 degrés Baumé.	1 lit.
Eau.	2 »
Huile d'olive.	200 gr.
Acétate de chaux à 10 degrés Baumé.	200 »
Amidon de céréales.	500 »

Faire cuire le tout, remuer la couleur épaissie jusqu'à refroidissement et y incorporer ensuite: 200 gr., acétate d'alumine à 12° B^e.

2° *Couleur vapeur pour rouge très-foncé.*

Pâte d'alizarine à 15 p. 100.	3.300 gr.
Ou pâte à 10 p. 100.	5.000 »
Epaississant pour rouge.	10 lit.
Nitrate d'alumine à 15 degrés Baumé.	400 gr.
Acétate d'alumine à 12 degrés Baumé	600 »
Acétate de chaux à 16 degrés Baumé.	500 »

Pour rose, on incorpore à la couleur 2 à 3 ou x fois son poids d'épaississant pour rouge, suivant l'intensité du rose à obtenir.

3° *Couleur vapeur pour violet.*

Pâte d'alizarine à 15 p. 100.	900 gr.
Ou pâte à 10 p. 100.	1.400 »
Epaississant pour violet.	10 lit.
Pyrolignite de fer à 12 degrés Baumé	200 gr.
Acétate de chaux à 16 degrés Baumé.	370 »

4° *Couleur vapeur pour puce.*

Pâte d'alizarine ou purpurine à 15 p. 100.	5.000 gr.
Ou pâte à 10 p. 100.	9.000 »
Epaississant.	10 lit.
Nitrate d'alumine à 18 degrés Baumé.	900 gr.
Acétate d'alumine à 13 degrés Baumé.	400 »
Prussiate rouge de potasse (préalablement dissout dans de l'eau chaude).	500 »

Pour obtenir un puce jaunâtre on ajoute par litre de couleur, 30 gr. d'extrait à 20 degrés B^e^. Cette couleur, pour puce, se prépare aussi avantageusement avec de vieilles couleurs pour rouge, déjà un peu altérées, auxquelles on n'a qu'à ajouter, par litre de couleur, 20 à 30 gr. de prussiate rouge de potasse dissout dans de l'eau.

Les diverses couleurs que nous venons d'indiquer donnent d'excellents rendements quand elles sont imprimées sur tissus préparés en mordants gras; nous indiquerons quand nous traiterons de la teinture des fils les conditions dans lesquelles on doit opérer — disons seulement que d'ordinaire après le vaporisage, on donne soit un passage en craie additionné de sel d'étain — par exemple:

Eau.	1.000 lit.	Chauffé de 50 à 60 degrés centigrades.
Craie.	20 à 30 kil.	
Sel d'étain.	1.000 à 1.500 gr.	

Quand il s'agit de rouge ou de rose, soit un passage en :

Eau	1.000 lit.	Chauffé à 50 degrés centigrades.
Craie.	20 kil.	
Arseniate de soude.	5 »	

Pour les violets — un bon lavage est indispensable après ces passages — puis l'on donne un ou plusieurs savons suivant que le blanc doit être plus ou moins pur et le rouge plus ou moins vif.

Le traitement de vapeur que l'on donne à ces divers articles est à peu près le même. On vaporise pendant une heure à une heure et demie, suivant que les genres sont plus ou moins chargés et que les tissus sont plus ou moins épais, mais on doit remarquer qu'il faut, en général, plus de temps pour les rouges que pour les violets. Quelques praticiens suspendent leurs pièces pendant un certain temps entre l'impression et le vaporisage. Cela dépend absolument des conditions dans lesquelles on se trouve. Mais quand on a des genres spéciaux comme par exemple celui dont nous donnons ici un spécimen et qui renferme toute une série d'applications diverses, il faut naturellement modifier le traitement et l'approprier de façon à fixer chaque couleur sans qu'aucune des couleurs imprimées simultanément ne se ressente du traitement appliqué aux autres.

Le genre représenté n° 3 est d'abord mis à la chambre d'oxydation pour *faire bien monter* le noir d'aniline, puis l'on vaporise entre doubliers préparés

en acétate de plomb pour éviter la sulfuration de l'orange de chrôme qui bien que fixé par l'albumine est très-sensible aux vapeurs acides et surtout aux vapeurs sulfureuses. Après le vaporisage, qui dure de 1 heure et demie à 2 heures, on laisse encore suspendre pendant quelques heures, puis l'on procède au dégommage du rouge en passant en bain composé de craie et de chrôme. Ce dernier a un double but, celui de fixer complétement le noir d'aniline en même temps que de remonter un peu l'orange de chrôme; on lave à fond et enfin on donne un ou deux savons à raison de 1 à 2 gr. par litre, à une température de 50 à 60 degrés pendant à peu près 25 à 30 minutes. On lave bien et on sèche.

On sait que l'alizarine artificielle seule ne donne pas toutes les nuances de la garance; la *purpurine* concourt à la formation du rouge et rose garance type. M. Delalande, qui en 1874 a trouvé la synthèse de la purpurine, est parvenu à la produire artificiellement; mais, en grand, certaines difficultés pratiques firent renoncer à ce procédé (1). Une grande maison anglaise, Holliday de Huddersfield en tenta la préparation, mais bientôt suspendit ses essais. Courtois et Cie de Mulhouse font en ce moment de nouvelles tentatives, et nous ne doutons pas que bientôt cette matière colorante ne jouera un rôle important dans l'industrie des toiles peintes et de la teinture.

Nitro-alizarine.

La nitro-alizarine dérive, ainsi que l'indique son nom, de l'alizarine traitée par les vapeurs nitreuses. Cette substance, observée par plusieurs chimistes: Perkin en 1875 (2); Strobel en 1876; indiquée déjà en 1860 par O'heill dans son *Dictionnaire de l'impression* et déjà appliquée industriellement par Steiner de Ribeauville en 1872, cette substance a été préparée en grand pour la première fois par l'Anilin-ùnd-Soda fabrik de Ludvigshafen en 1876 (3). Cette matière teint les mordants de fer en gris et les mordants d'alumine en orange; avec le prussiate rouge, on obtient un puce assez foncé, et résistant au savon. Les mordants de chrôme donnent des teintes grenat allant au brun cachou. L'oxyde d'urane donne des gris, mais qui ne sont pas aussi vifs que ceux obtenus avec l'alizarine. Une des grandes qualités de la nitro-alizarine est de résister à un chlorage même assez énergique. Elle supporte aussi l'avivage et le savonnage.

Voici, d'après M. Stamm (4), des proportions qui, ainsi que je l'ai constaté, donnent d'excellents résultats.

Imprimer sur tissu préparé en mordant gras, une des couleurs suivantes:

Couleur n° 1.

Nitro-alizarine à 15 p. 100	1 lit.
Acide acétique	1/2 »
Acétate de chaux de 18 degrés Baumé	100 c/c
Acétate d'alumine de 15 degrés	1/4 lit.

Couleur n° 2.

Nitro-alizarine	1 lit.
Acide acétique	1/2 »
Acétate de chaux de 18 degrés Baumé	150 c/c
Nitrate d'alumine de 20 degrés	200 »

Vaporiser et savonner comme d'ordinaire.

(1) Voir *Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse*, 1874, page 534. — (2) *Bulletin de la Société chimique de Berlin* 1875, p. 780. — (3) Voir *Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse*, 1876, pages 127, 287, 286, 508, 1877, page 22. — (4) *Bulletin de la Société industrille de Mulhouse*, page 22, 1877.

La maison Lorilleux de Paris avait exposé des laques d'alizarine assez résistantes, d'après des essais que j'ai eu occasion de faire, mais alors c'est la vivacité qui manquait.

La nitro-alizarine a figuré à l'Exposition du Cinquantenaire de la Société industrielle de Mulhouse sous plusieurs formes. En échantillons de teinture orange uni exposés par M. Frères Kœchlin et à l'état d'orange d'application dans le genre dit aurifère — genre exposé par la Société alsacienne d'impression. Beaucoup de tentatives ont été faites pour produire avec la nitro-alizarine une laque orange, mais les influences ammoniacales agissent trop vivement, de sorte qu'il a fallu renoncer à ces précipités qui auraient rendu de grands services pour remplacer les sels de plomb, si altérables dans l'opération du vaporisage.

Bleu d'anthracène ou bleu d'alizarine.

L'anthracène, cette source inépuisable de matières colorantes, non-seulement nous a donné le rouge par l'alizarine — le jaune par la nitro-alizarine — le violet par dérivé de l'alizarine teinte en mordant de fer, mais encore le bleu dit improprement bleu d'alizarine, et je ne doute pas que sous peu l'anthracène ne nous fournisse toutes les couleurs du spectre. Le bleu d'alizarine est livré au commerce sous forme d'une pâte noir brun, laquelle contient 10 % de colorant. Cette substance, dont les propriétés sont intermédiaires entre celles de l'indigo et celles de l'alizarine, renferme de l'azote.

Le bleu d'anthracène est presque insoluble dans l'eau. Voici, d'après MM. Prudhomme et Horace Kœchlin (1), quelques-unes des propriétés de cette nouvelle matière colorante : elle est difficilement soluble dans l'alcool et la benzine, avec lesquels elle donne une solution rouge. L'acide acétique la dissout plus aisément et la transforme même à la température de l'ébullition. Avec l'acide sulfurique, on obtient une solution d'un beau rouge ; cette dissolution chauffée pendant un certain temps, puis traitée par l'eau, laisse déposer un précipité bleu dont les caractères tinctoriaux ne semblent pas s'écarter de ceux du corps primitif. Le bleu se dissout facilement dans une dissolution concentrée d'acide arsénique, la solution est rouge orange et passe au rouge bleuté par l'addition de glycérine. Le mélange de ces trois corps, chauffé, puis additionné d'eau, régénère la matière colorante sous forme de flocons bleus. En traitant les vieilles couleurs par l'acide chlorhydrique ou sulfurique étendu à l'ébullition, il se précipite également de ces flocons bleus. D'après M. Kopp, le bleu d'anthracène soumis à l'influence des alcalis subit différentes modifications que l'on peut facilement suivre par l'examen spectroscopique.

L'alizarine bleue donne avec les bases des laques colorées celles; qui donnent la chaux, la baryte, la strontiane sont bleu-verdâtre. Une des propriétés caractéristiques de ce colorant est son insolubilité dans une solution bouillante d'alun ou de sulfate d'alumine. C'est donc un excellent moyen pour le séparer de l'alizarine, de la purpurine, etc. En teinture, on obtient les nuances suivantes:

Alumine,	Bleu violacé,
Fer,	Bleu verdâtre,
Chrôme,	Violet,
Etain,	Violet rougeâtre,
Nickel,	Bleu (d'après Eugène Dolfus).

La teinture avec l'alizarine se fait assez facilement; mais il y a certaines pré-

(1) *Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse*, 1878.

cautions à prendre : comme la matière colorante est insoluble dans l'eau, il importe d'ajouter au bain de teinture un peu de savon ou du mordant gras additionné d'ammoniaque. Il faut en acide gras environ le double de la quantité d'alizarine bleue employée.

On chauffe à 70 degrés, et on teint pendant une heure à une demi-heure.

L'échantillon nº 2 est obtenu ainsi : en outre il a été chloré à l'hypochlorite de magnésie. Le phosphate de soude favorise la teinture tandis que les eaux calcaires sont nuisibles; elles donnent lieu à la formation d'une laque insoluble. Cette matière colorante jouit de la propriété de se réduire en dissolution alcaline en donnant une cuve rouge à fleurée bleue. En tenant compte de son peu de solubilité dans l'eau et de sa tendance à former des laques avec la chaux, on peut teindre en cuve au zinc et à la soude, ou bien en cuve à l'hydrosulfite de soude.

Le bleu d'anthracène se teint comme l'indigo, par un effet d'absorption ou de porosité — on peut, à l'instar de l'indigo, fixer le bleu en l'imprimant, convenablement épaissi, et en faisant passer le tissu alternativement dans un bain réducteur et un bain alcalin. Les meilleurs fixateurs pour ce bleu sont l'acétate de chrôme et le ferrocyanure de potassium ou d'ammonium.

Voici une couleur qui, d'après les mêmes auteurs, donne de bons résultats.

Epaississant.	250	gr.
Alizarine bleue à 10 p. 100.	50	»
Acétate de chrôme à 10 degrés	16	gr.
Chlorure de magnésium à 10 degrés.	16	»
Ferro-cyanure de potassium à 10 degrés	8	»
Glycérine..	32	»

Epaississant.

Eau..	3	lit.
Amidon blanc.	125	gr.
Amidon grillé clair.	375	»
Huile d'olive	150	»

Comme la matière colorante se fixe totalement sur le tissu, il faut tenir grand compte de l'épaississant, car le peu de solubilité de la matière colorante engendre le grave inconvénient de marquer sur les tissus imprimés les hachures de la gravure. Une autre condition essentielle pour la réussite est d'imprimer sa couleur sur du tissu préparé en acide gras. Il faut employer des tissus mordancés à raison de 4 à 6 $^0/_0$ d'acide gras. Le vaporisage se fait en une heure et demie à deux heures ; on lave, puis on savonne pendant 20 minutes à 50 degrés C. On passe ensuite au bain d'eau de chaux bouillante.

D'après des essais personnels, le chlorage à l'hypochlorite de magnésie préparé par le sulfate de magnésie et le chlorure de chaux donne de très-bons résultats, et économise deux ou trois passages ultérieurs.

Ce bleu résiste assez bien à la lumière et au chlore ; il devient plus gris sous l'influence des rayons solaires, mais son étude demande à être plus approfondie, et il est certain que l'avenir de cette nature colorante se présente sous un aspect des plus favorables.

Indigo.

L'indigo est peut-être la plus ancienne matière colorante connue. Nous passerons sur tout ce qui a été dit sur ce corps pour ne nous occuper que du nouveau mode d'application de cette matière colorante par le moyen des hydrosulfites.

De la préparation de l'indigo et de son application par les hydrosulfites.—Le principe sur lequel repose ce procédé est basé, comme tous les autres procédés de bleu solide, sur la propriété que possède l'indigo bleu, insoluble dans les dissolvants, d'être ramené par des agents réducteurs à l'état d'indigo blanc soluble dans les alcalis ou les terres alcalines; ce résultat étant obtenu, il suffit donc d'ajouter à l'indigo blanc assez de réducteur et une quantité convenable de dissolvant pour empêcher l'oxydation de l'indigo blanc, pendant le maniement et l'impression de la couleur. Il est vrai de dire que, vu la grande affinité de l'indigo blanc pour l'oxygène de l'air, le procédé en question, comme tous les autres procédés qui lui sont similaires, présente, dans la mise en pratique, des difficultés sérieuses qu'il ne faut cependant pas s'exagérer.

D'après M. Charles Grosrenaud, qui a fait une étude très-complète de ce nouveau procédé, et auquel nous empruntons ces lignes (1), on ne peut, en effet, contester que : 1° la manière de préparer l'hydrosulfite acide ou saturé; 2° l'état physique dans lequel se trouve l'indigo blanc; 3° la nature des épaississements; 4° le dissolvant de l'indigo blanc; 5° la manière de composer les couleurs; 6° les proportions relatives des diverses substances qui entrent dans la couleur; et 7° la température de celle-ci, ont une influence considérable sur le résultat final du procédé en question. Il résulte de tout ce qui précède qu'on peut résumer le travail en une série de préparations comme suit :

1° Fabrication de l'hydrosulfite acide; 2° saturé; 3° réduction de l'indigo bleu en indigo blanc; 4° fabrication des diverses couleurs et impressions de celle-ci : A — couleurs directes; B — couleurs épaisses; C — couleurs minces 5° opérations à faire subir aux pièces après l'impression; 6° régénération de l'indigo provenant des résidus de couleurs.

Préparation de l'hydrosulfite de soude acide. — L'acide hydrosulfureux est un nouvel acide découvert par M. Schützenberger. Il peut être considéré comme de l'acide sulfureux auquel on a, pour ainsi dire, soudé deux atomes d'hydrogène; la formule de cet acide est donc représentée par (SOH) + HO, d'après l'interprétation de son auteur. La facilité avec laquelle cet acide se décompose doit nécessairement entraîner des changements dans les corps avec lesquels il est mis en présence. Tenant par conséquent compte de ses propriétés peu stables et de sa grande affinité pour l'oxygène de l'air, la préparation des sels au moyen de l'acide hydrosulfureux demande certaines précautions, que nous allons passer successivement en revue.

Pour préparer l'hydrosulfite de soude acide, on prend un vase quelconque pouvant être fermé hermétiquement; sa grandeur est naturellement en relation avec la quantité d'hydrosulfite que l'on veut préparer pour les besoins immédiats. Les vases étant remplis avec des lamelles de zinc contournées sur elles-mêmes, on verse par-dessus du bisulfite de soude à 32 degrés Bé. sentant fortement l'acide sulfureux, avec la précaution d'emplir complétement les vases. On laisse ensuite réagir ces deux corps (zinc et bisulfite) pendant une heure au moins, en ayant soin, si les vases le permettent, de tourner ceux-ci deux ou trois fois dans l'intervalle. Après ce laps de temps, l'hydrosulfite acide est produit et présente son maximum de rendement : il marque 32 degrés Bé. Ainsi préparé, il est indispensable d'employer de suite cet hydrosulfite acide, soit pour réduire l'indigo bleu, soit pour fabriquer l'hydsosulfite saturé, soit enfin pour d'autres emplois dans lesquels il est indispensable de recourir à l'hydrosulfite acide. Dans la préparation de l'hydrosulfite de soude acide, on peut remplacer le zinc en lames

(1) Voir Bulletin de la *Société industrielle de Rouen*, 1874.

par le même métal en grenailles ou en poudre. Le premier de ces produits offre une grande difficulté pour le décapage. Le second présente une irrégularité telle dans sa composition chimique, que nous avons tout à fait renoncé à son emploi ; d'autre part, son état de division échauffe tellement la masse qu'il y a lieu de craindre la décomposition de l'acide hydrosulfureux. On sait du reste que les réactions chimiques sont d'autant plus vives que les corps mis en présence sont plus divisés mécaniquement.

Aussitôt après qu'une opération est terminée, il est indispensable de laver à l'eau ordinaire, afin d'enlever les sels de soude et de zinc; remplir ensuite le flacon d'eau pour éviter une oxydation inutile du zinc : Pour une autre opération, il suffit de vider l'eau et de décaper le zinc au moyen d'eau rendue acide par l'acide chlorhydrique; puis on finit par un rinçage. Le zinc diminuant, on doit en ajouter une nouvelle quantité, de manière à maintenir les vases toujours remplis; il ne faut pas perdre de vue qu'il se dissout de 30 à 35 grammes de zinc par kil. de bisulfite employé, sans compter celui enlevé pendant le décapage. On ne peut compter sur un résultat régulier que si l'on emploie l'hydrosulfite de soude acide immédiatement après sa fabrication.

Préparation de l'hydrosulfite sodique saturé. — Une fois la quantité de chaux ou alcali connue pour neutraliser l'hydrosulfite sodique acide, il est facile de faire l'hydrosulfite saturé. Dans ce cas, on opère encore à l'abri du contact de l'air. On pèse, dans des vases pouvant être bouchés :

350 g. lait de chaux, à raison de 200 grammes chaux vive sous le volume de 1 litre, puis
1 kil. hydrosulfite acide.

Le mélange étant fait, on agite fortement. Si la température s'élevait trop, il serait bon de refroidir les vases dans lesquels on opère la décomposition. L'hydrosulfite saturé peut se conserver assez longtemps; ainsi on peut préparer la veille l'hydrosulfite saturé qui doit servir à préparer des bleus, par exemple. On a même vu employer avec réussite de l'hydrosulfite saturé vieux de deux jours. Il suffit que ce corps ait une réaction alcaline pour qu'il puisse se conserver sans inconvénient.

Quand on est prêt à utiliser l'hydrosulfite saturé, on prend toute la masse qui se trouve dans les vases dans lesquels on a fait la décomposition; on la verse sur une toile ou dans des sacs, suivant la quantité sur laquelle on opère, et l'on soumet à l'action d'une forte presse; le liquide qui s'en écoule représente, à peu de chose près, le poids de l'hydrosulfite acide employé et marque 23 degrés Bé, quand on a opéré sur du bisulfite à 32 degrés et l'hydrosulfite acide à 35 degrés Bé. S'il restait des quantités notables d'hydrosulfite saturé filtré, il suffirait pour le conserver quelque temps, d'y ajouter un peu de lait de chaux pour maintenir la liqueur alcaline.

Réduction de l'indigo. — Dans un moulin à indigo, on broie à la manière ordinaire, avec de l'eau, 2 kilog. de bon indigo Bengale, et on s'arrange de manière à ce que le volume du liquide, y compris l'indigo, fasse un total de 20 livres. On met cette portion de 20 livres, indigo broyé à l'eau, dans une chaudière de 60 à 80 litres ; on y ajoute ensuite :

5 à 5 $^{1}/_{4}$ kil. soude caustique à 36 degrés Bé,
14 kil. hydrosulfite sodique acide.

On chauffe le tout à 72-75 degrés C., et on maintient la solution à la tempé-

rature pendant 15-20^m. Ensuite, au moyen d'un entonnoir à long col, allant jusqu'au fond de la chaudière, et en remuant sans cesse, on verse :

3 $^1/_4$ à 3 $^1/_2$ litres acide chlorhydrique.

Il faut avoir soin de faire cette décomposition sous une cheminée à fort tirage ou en plein air, à cause des torrents d'acide sulfureux qui se dégagent pendant l'opération. Lorsque la décomposition est complète, ce qui se constate quand la liqueur est légèrement acide, on porte alors le tout, aussi promptement que possible, dans un cuveau d'une contenance de 150 à 160 litres environ, que l'on remplit ensuite d'eau ordinaire.

Le lendemain, on fait écouler le liquide, qui surnage sur le précipité, au moyen d'un trou de bonde, fait à 250^{mm}. du fond. On remplit de nouveau le cuveau avec de l'eau corrigée au moyen de $^1/_4$ litre hydrosulfite saturé pour 100 litres eau ordinaire. Cette dernière précaution n'est pas indispensable. Le surlendemain, on décante de nouveau, et on met le précipité ainsi lavé sur le filtre. Quand tout le précipité est dans le filtre et qu'il a été rendu ferme par un égouttage complet, on obtient pour 2 kil. indigo bleu sec, environ 7 kil. indigo réduit en pâte, que l'on nomme *précipité dense*.

Fabrication des couleurs au moyen du précipité d'indigo réduit. — Tous ceux qui ont employé l'indigo ainsi que les autres matières colorantes, savent que les couleurs appliquées sur les tissus sont d'autant plus vives, d'autant plus éclatantes, qu'on a usé de produits de qualité supérieure. Pour conserver la pâte d'indigo blanc, il est avantagenx sous tous les rapports de mettre celle-ci en suspension dans l'eau gommée épaisse. Ainsi on prend :

	7 kil.	pâte égouttée que l'on incorpore à
	20 kil.	eau gommée épaisse à raison de 1.400 gr. de gomme par litre eau.
Total :	27 kil.	de couleur gommée renfermant par conséquent 2 kil. indigo bleu.

C'est ce qu'on appelle le *bleu gommé*. Il n'est pas indifférent, pour la bonne réussite de la couleur, de prendre indistinctement le premier épaississement venu. D'après un grand nombre d'essais, on a donné la préférence à la gomme Sénégal, malgré l'action coagulante des alcalis ou des terres alcalines sur celle-ci. La dextrine blonde peut servir dans certains cas, mais le bleu est moins beau, et quand la couleur présente un peu de surface, celle-ci paraît râclée.

Couleurs directes. — Les couleurs directes sont celles faites sans l'intermédiaire de la pâte d'indigo réduit. Elles se font de la manière suivante :

On met dans une chaudière :

	3^k,$^3/_4$	Indigo broyé à l'eau, contenant 2 kil. indigo bleu sous le volume de 15 litres; on chauffe et on ajoute :
	3 kil.	Gomme en poudre; après solution, verser :
	5 »	Hyposulfite sodique saturé; ensuite :
	450 gr.	Lait de chaux à $\frac{200 \text{ gr.}}{1 \text{ litre}}$; on chauffe à 70 degrés centigr. pendant 20 minutes, on laisse refroidir à 35 ou 40 degrés et on y ajoute :
	1^k,$^1/_2$	Hydrosulfite saturé, et après :
	450 gr.	Lait de chaux. On obtient :
TOTAL.	14 kil.	Couleur.

Couleurs au précipité d'indigo réduit.

Couleur épaisse à 40 *gr. indigo bleu par kil. de couleur.*

	20 kil.	Bleu gommé.	7 kil. Pâte dense. / 20 » Eau gommée $\frac{1.400 \text{ gr.}}{1 \text{ litre}}$.
	6 »	Hydrosulfite sodique acide.	
	$3^{k},{}^{1}/_{2}$	Lait de chaux $\frac{200 \text{ gr.}}{1 \text{ litre}}$	1,700 gr. Pour saturer l'hydrosulfite. / 1,800 » Pour dissoudre l'indigo blanc.
	$5^{k},{}^{1}/_{2}$	Hydrosulfite sodique saturé.	
	2 kil.	Eau ou eau gommée plus ou moins épaisse.	
TOTAL.	36 kil.	Couleur, que l'on chauffe au bain-marie à 30 ou 35 degrés cent	

Couleur mince à 40 *gr. indigo bleu par kil. de couleur.*

	20 kil.	Bleu gommé comme ci-haut.
	$10^{k},{}^{3}/_{4}$	Hydrosulfite sodique saturé.
	1.866 gr.	Lait de chaux à $\frac{200 \text{ gr.}}{1 \text{ litre}}$.
	2 kil.	Eau ou eau gommée.
TOTAL.	36 kil.	Couleur que l'on chauffe à 30 ou 35 degrés centigrades.

Couleur mince à 30 *gr. d'indigo bleu par kil. de couleur.*

10 kil.	Bleu gommé.
6 »	Eau gommée plus ou moins épaisse.
7 »	Hydrosulfite sodique saturé.
950 gr.	Lait de chaux à $\frac{200 \text{ gr.}}{1 \text{ litre}}$.
24 kil.	Couleur que l'on chauffe à 30 ou 35 degrés centigrades.

Couleur mince à la soude, à 15 *gr. indigo bleu par kil. de couleur.*

	4.410 gr.	Bleu gommé.
	8 kil.	Hydrosulfite sodique saturé.
	6 »	Eau ou eau gommée ordinaire.
	420 gr.	Soude caustique à 36 degrés Baumé aussi pure que possible.
TOTAL.	20 kil.	Couleur. Chauffer à 30 ou 35 degrés centigrades.

Couleur à la dextrine, à 17 *gr. indigo bleu par kil. de couleur*
1080 gr. pâte d'indigo réduit ou précipité dense *non gommée.*

	14 à 15 kil.	Eau de dextrine.	8 kil. Dextrine blonde. / 5 lit. Eau bouillante.
	$5^{k},{}^{1}/_{2}$	Hydrosulfite sodique saturé.	
	120 gr.	Soude à 36 degrés ou lait de chaux même quantité.	
TOTAL.	$17^{k},{}^{1}/_{2}$	Couleur que l'on chauffe à 30 ou 35 degrés centigrades.	

On peut, dans les bleus précédents, si on le trouve plus avantageux, ou commode pour des usages spéciaux, remplacer sans le moindre inconvénient le lait de chaux à raison de 200 gr. de chaux vive par litre, par le même poids de soude caustique à 36 degrés B, aussi pure que possible, et faite avec des cristaux de soude ou des sels de soude de première qualité. Dans les bleus directs, ou bien dans ceux au précipité, il est toujours indispensable d'ajouter un grand excès d'hydrosulfite, soit acide, soit saturé, suivant l'espèce de couleur que l'on a en vue de produire; car il ne faut pas perdre de vue que pendant le travail de la

couleur, une notable quantité d'hydrosulfite est transformée en bisulfite sodique, lorsqu'on emploie l'hydrosulfite acide, et en sulfite sodique, lorsque la couleur est faite avec de l'hydrosulfite saturé. Pour contrebalancer cette oxydation produite par la présence continuelle de l'air et pour maintenir l'indigo réduit, la dose la plus convenable d'hydrosulfite saturé à employer dans ce cas est de 350 gr. par kil. de couleur, contenant 40 gr. indigo bleu. Si l'on n'avait pas à réagir contre la présence funeste de l'oxygène de l'air, 250 gr. hydrosulfite saturé suffiraient largement dans ces conditions.

Préparées d'une manière quelconque, les couleurs, pour pouvoir supporter l'impression dans des conditions convenables, c'est-à-dire sans s'oxyder trop vite, demandent à être portées à une certaine température ; car il est incontestablement établi que les couleurs échauffées peuvent être exposées au contact de l'air, sans que celui-ci agisse sur elles. Les limites, en plus ou moins, des degrés de température, pour arriver au but proposé, se trouvent comprises entre 30 et 35 degrés C. Il est inutile de dépasser 35 degrés C., de même, il serait imprudent de travailler une couleur dont la température serait inférieure à 30 degrés C. Il est donc d'une importance capitale de ne travailler que des couleurs chauffées. C'est même grâce à cet artifice que l'on peut imprimer huit à dix pièces sans vider le châssis.

Traitement des pièces imprimées. — Pour qu'une couleur donne un bon résultat, elle ne doit pas monter trop vite à l'impression. Celles qui conservent une limite vraie jusqu'au lendemain sont les meilleures. Il est aussi à remarquer que plus les couleurs sont minces, plus les résultats définitifs sont satisfaisants, parce qu'elles moussent beaucoup moins que les couleurs épaisses. On a trouvé également plus avantageux de travailler dans des châssis sans fournisseur. Il est bon d'ajouter qu'il est utile de chauffer légèrement, en hiver surtout, les rouleaux avec lesquels on imprime.

Quand les couleurs sont imprimées, il suffit d'étendre les pièces jusqu'au lendemain dans un endroit; et, à la rigueur même, de passer les pièces aussitôt après l'impression dans une eau tiède légèrement chromée. Dans les deux cas, suspendre à la rivière pendant une demi-heure, puis laver dans les machines comme à l'ordinaire, et savonner pendant une demi-heure à 3/4 d'heure, à 50 ou 60 degrés C à volonté. Si le blanc laisse à désirer, on peut chlore à la vapeur sans le moindre inconvénient. Si le bleu à l'hydrosulfite est associé à d'autres couleurs pour des fabrications spéciales, on fait subir aux pièces les opérations indiquées pour ces dernières, sans tenir compte, d'une manière notable, du bleu qui figure sur les pièces; car il est démontré que les passages en cristaux de soude ou sel de soude, en acide sulfurique à divers degrés de concentration, en chrome chaud ou froid, en chromate calcique alcalin, en silicate sodique ou phosphate calcico potassique, en bouse, etc., n'ont aucune influence sensible sur le bleu d'indigo fixé à l'hydrosulfite. On peut associer ce nouveau procédé sans le moindre inconvénient, à la fabrication du noir d'aniline, du puce de naphtylamine, de l'orange de chrome, au cachou d'application ou chromé au genre rouge et violet garancé, au rouge et puce garancine, au rouge résiste garancine avec soubassements bleu, au blanc résiste avec soubassement bleu, à la fabrication du chamois, etc.

Ce bleu, dont l'application par vaporisage ne pouvait se faire dès le début, est aujourd'hui couramment employé, surtout en Normandie, où quelques fabriques en ont fait des quantités considérables en l'alliant au rouge d'alizarine et aux autres couleurs vapeur tels que couleurs à l'albumine, etc. Malheureusement, ce n'est pas absolument une fixation de l'indigo sur le tissu considéré chimiquement; c'est plutôt un dépôt mécanique, et la fixation de l'indigo

par la vapeur reste encore à l'état de problème à résoudre. Cependant quelques fabriques allemandes produisent des bleus indigos très-foncés, obtenus en une seule impression et présentant tous les caractères de l'indigo teint.

Anthra-violet.

Il a paru dans le commerce, vers 1876, un produit dont la principale propriété est de teindre les mordants d'alumine en violet. Ce produit, préparé à Elberfeld, a reçu le nom d'anthra-violet et est dérivé de l'anthracène (1). L'anthra-violet se présente en masses friables, d'un noir mordoré à reflets jaunes après dessication; à l'état humide il constitue une pâte qui à la concentration de 5 % est plus épaisse que celle de l'alizarine à 10 %. Il existe deux qualités : l'une bleue et l'autre rouge. L'anthra-violet se dissout légèrement dans l'eau, mais sans la colorer au-delà du rose vif; avec l'acide acétique on obtient une dissolution assez intense, violette. Les alcalis, c'est-à-dire la soude et la potasse, le dissolvent en bleu. En traitant l'anthra-violet par l'alcool, on obtient des dissolutions qui enlèvent toute la matière colorante, puis il reste une substance soluble dans la soude, et qui pourrait bien avoir de l'analogie avec le gris d'anthracène, que l'on obtient comme résidu dans la préparation du bleu d'alizarine. On peut teindre la laine sans mordant depuis le violet clair jusqu'au violet rougeâtre foncé, mais les teintes ne sont pas vives; la soie se teint aussi; mais la nuance est plus terne; enfin si le coton albuminé se teint, ce n'est qu'une couleur inapplicable.

La teinture avec cette matière colorante se fait assez facilement, mais il faut surtout éviter l'emploi des eaux calcaires ou acides. Cette substance donne avec les mordants d'alumine sur coton huilé, d'assez beaux violets analogues aux violets garancés et savonnés. Quant à l'épaississant à employer, c'est la gomme qui réussit le mieux. Le meilleur mordant est l'acétate d'alumine pur. — Les mélanges quelconques de nitrates, etc., analogues à ceux employés pour le rouge sont moins bons. — L'addition de sel d'étain ne paraît pas influencer la couleur. L'anthra-violet ne donne pas seulement des violets, mais aussi des gris de toute beauté. C'est en appliquant cette matière colorante avec l'acétate de chrôme que ce gris se produit. Des spécimens remarquables figuraient à l'Exposition dans la section française, chez M. Rondeaux du Houlme et Hazard de Malaunay. — Ces gris se combinent avec d'autres couleurs et ont le grand avantage de supporter facilement toutes les opérations, en même temps qu'ils sont très-résistants à la lumière. Comme les mordants sont à base de chrôme, cette couleur permet d'obtenir des superpositions qu'il était difficile d'obtenir auparavant; car généralement les gris étaient soit à base de fer ou à colorant de campêche, ce qui, en présence des cachous, même au manganèse, modifiait désagréablement les teintes.

Eosine.

La matière colorante appelée éosine a été découverte en 1871. Elle est constituée par le sel de potasse d'un acide se rattachant à une série de composés découverts par Baeyer (2). Ce chimiste a montré que l'acide phtalique anhydres peut se combiner aux divers phénols pour donner des composés phtaléines —

(1) Voir Bulletin de la Société industrielle de Rouen, 1876.
(2) Voir *Moniteur scientifique*. 3e série, T. V, pages 291-355-395. Berichte der Chemische Gesellschaft von Berlin, T. VIII, pages 46-162.

dont la production s'effectue avec élimination d'une molécule d'eau. Divers phénols peuvent donner des phtaléines; ainsi le phénol ordinaire, l'acide pyrogallique, la pyrocatéchine, la résorcine, etc. Comme aussi d'autres acides analogues à l'acide phtalique, par exemple, l'acide mellitique, l'acide oxalique, donnent des combinaisons analogues aux phtaléines. La résorcine, que l'on obtient en traitant l'assa fœtida par la soude caustique, donne la fluorescéine, en se combinant à l'acide phtalique.

$$\underbrace{2C^{12}H^6O^4}_{\text{Résorcine}} + \underbrace{C^{16}H^4O^8}_{\text{Acide phtalique}} = \underbrace{C^{40}H^{12}O^{10}}_{\text{Fluorescine}} + \underbrace{2H^2O^2}_{\text{Eau}}.$$

Les agents d'hydrogénation fixent 4 éq. d'hydrogène sur la fluorescéine et la transforment en fluorescine, $C^{40}H^{10}O^{10}$. Si l'on ajoute à une solution de fluorescine dans l'acide acétique cristallisable quelques gouttes de brôme, ce corps est immédiatement fixé. L'eau précipite alors de cette liqueur une substance rougeâtre, qui se dissout dans les alcalis avec une couleur rouge jaunâtre caractéristique. Ce dérivé brômé est la fluorescéine tétrabrômée $C^{40}H^8Br^4O^{10}$ qui, combinée à la potasse, donne l'éosine, dont la formule est $C^{40}H^6Br^4K^2O^{10}$. L'éosine se présente sous forme d'une poudre rouge-brun à reflets métalliques. Quand on évapore sa dissolution aqueuse, on obtient une matière dont l'aspect est dentique à celui de la fuchsine non cristallisée. La dissolution aqueuse est remarquablement fluorescente; elle est rose jaunâtre par transmission et verte par réflexion. Cette substance est soluble dans l'eau, les alcools éthylique et méthylique, les alcalis, les carbonates alcalins, la glycérine, les savons; elle est insoluble dans l'éther, l'acide phénique, l'aniline, l'huile, la benzine. Sa solubilité dans l'eau est très-grande. La fuchsine corps déjà très-soluble, ne se dissout que dans 52 parties d'eau froide et 6 d'eau bouillante, c'est-à-dire que 1000 parties d'eau froide dissolvent 19,2 de fuchsine et 1000 parties d'eau bouillante 166 parties. L'éosine demande pour se dissoudre 26 d'eau froide et 2,2 d'eau bouillante; c'est-à-dire que 1000 parties d'eau froide dissolvent près de 400 parties d'éosine, et 1000 parties d'eau bouillante 454 parties d'éosine; Son pouvoir colorant est tel qu'un seul gramme colore d'une facon très-sensible 20,000 litres d'eau. La dissolution aqueuse bouillante dégage fortement l'odeur du brôme. Sa solubilité dans l'alcool du commerce est moindre que celle de la fuchsine; celle-ci se dissout dans 35 parties d'alcool froid, tandis qu'il faut 11 parties d'alcool pour dissoudre 1 partie d'éosine. Son pouvoir colorant est très-considérable : 0g.004 par litre donnent une solution colorée en beau rose; avec 0g001, la liqueur est faiblement colorée, mais le dichroïsme est encore très-sensible ; 0g000001 accuse encore la teinte rose sous une épaisseur de quelques centimètres (1).

L'éosine qui est un sel à base de potasse, est décomposée par la plupart des acides, qui précipitent une matière rouge-orange floconneuse, surtout en liqueurs concentrées. L'acide acétique la décompose aussi, mais la liqueur reste colorée en rose, l'acide de l'éosine étant légèrement soluble dans l'acide acétique. Presque tous les sels solubles à base métallique donnent des laques; les plus brillantes sont celles à base d'étain, d'alumine, de plomb, toutes sont d'un beau rouge plus ou moins jaunâtre. Le zinc donne un précipité plus jaune encore, tandis que l'argent et le mercure donnent des laques violacées. Le cuivre précipite une laque rouge-brunâtre.

Ces divers précipités sont légèrement solubles dans l'eau, surtout dans l'eau

(1) Voir *Bulletin de la Société industrielle de Rouen*, 1878, page 319.

calcaire, qui constitue de l'éosine à base de chaux. Ce nouveau colorant teint très-bien la soie et la laine, ainsi que les matières animales : il suffit de plonger le tissu dans une dissolution aqueuse de cette substance, pour obtenir rapidement une teinture très-égale. Les reflets jaunes, particuliers à l'éosine, ne persistent que sur la soie, et seulement dans les teintes claires. La teinture à froid donne des nuances plus vives qu'à chaud.

Ce corps, qui dès le début coûtait 1000 fr. le kilog. et dont le prix n'est plus aujourd'hui que de 15 fr., donne des roses et aurores de toute beauté. Cette matière colorante a trouvé son emploi dans l'impression *sur soie* et *sur laine*, car sa richesse a permis de produire des couleurs d'un prix de revient très-abordable. L'application sur soie se fait en imprimant une dissolution aqueuse, simplement épaissie à la gomme et en fixant par les moyens ordinaires sur laine, elle s'applique soit par teinture, soit par impression comme sur soie. L'éosine ne tient pas les mordants employés généralement, tels que : acide stannique, alumine, fer, glycérine et acide arsénieux, caséine ; il se produit cependant une teinture par l'albumine, mais sans éclat ; de même qu'en la fixant à l'albumine par impression et vaporisation on n'obtient qu'une couleur relativement terne. Lorsqu'on plonge un tissu sur lequel on a massé de l'éosine légèrement épaissie en gomme dans un bain métallique, soit d'acétate de plomb, ou d'une des bases précitées, il se forme des laques très-vives qui ont été utilisées pour certains genres, tels que les doublures et les faux teints.

Les laques épaissies en albumine ne donnent que des nuances ternes. Les mêmes laques, dissoutes dans l'ammoniaque, épaissies, puis fixées sur tissus préparés diversement, ne résistent pas au lavage. L'éosine peut cependant, se fixer sur coton de plusieurs manières ; mais un séjour prolongé dans une eau courante, calcaire, redissout la presque totalité de la matière fixée, quelle que soit la méthode employée. Voici divers modes de fixation :

1° Ajouter à l'éosine gommée de l'arsénite d'alumine, imprimer sur tissu stannaté, vaporiser ; 2° imprimer sur tissu foulardé en gélatine, de l'éosine gommée, additionnée de trois fois son poids de tannin ; fixer à la vapeur. 3° Mélanger à une dissolution d'éosine son équivalent d'acétate de plomb, ou d'acétate d'étain, ou d'acétate d'alumine épaissi ; de préférence de *plomb;* imprimer sur toile, soit stamatée, soit huilée ; vaporiser sur huilé, les sons sont plus bleutés. 4° dissoudre de l'éosine, ajouter, comme mordant, à la couleur épaissie, du nitrate ou de l'acétate d'alumine avec addition d'arsénite de soude ; vaporiser.

L'éosine est employée en quantités considérables pour la fabrication, non seulement de la toile peinte, mais aussi des laques destinées à l'impression des papiers peints. Un corps analogue à l'éosine, appelé primerose, est déjà assez répandu et sert, comme l'éosine, à relever les roses, *à fleurer* les couleurs rouges et roses, soit teintes, soit d'application, dont la vivacité laisse à désirer. On a également utilisé cette nouvelle matière colorante pour la fabrication des lustrines : et il est superflu d'ajouter que l'industrie de la laine, et celle de la soie surtout, en emploient des quantités considérables.

Son immense pouvoir colorant a été, dans certaines circonstances spéciales, très-utile pour établir d'une façon probante, tels faits d'histoire naturelle jusqu'alors absolument ignorés (1).

Céruléine et Galléine.

Si l'on chauffe pendant quelques heures à 190 ou 200 degrés, jusqu'à ce que la masse ait acquis une consistance épaisse, 2 parties d'acide pyrogallique et 1 par-

(1) Voir *Bulletin de la Soc. Ind. de Rouen*, année 1877.

tie d'acide phtalique, ou mieux d'anhydride phtalique, le mélange se colore promptement en rouge, et il finit par devenir tout à fait opaque. On dissout la masse fondue dans l'alcool, on filtre et on étend avec de l'eau : il se sépare alors un précipité très-abondant fortement coloré, qui constitue un nouveau pigment, la galléine ou phtaléine pyrogallique, $C^{20}H^{12}O^7$. Pour préparer la galléine, il suffit, d'après MM. Bolley et Kopp (1), auxquels nous empruntons ce qui concerne la préparation de ces matières colorantes, de faire cristalliser le précipité dans l'alcool étendu bouillant, et on l'obtient sous forme d'une poudre rouge brun ou en petits cristaux d'un vert métallique. Sa formation, qui, en apparence, offre beaucoup d'analogie avec celle de la fuchsine, s'explique par l'équation suivante :

$$\underbrace{C^8H^4O^3}_{\text{Anhydride phtalique}} + \underbrace{2\,(C^6H^6O^3)}_{\text{Acide pyrogallique}} = \underbrace{C^{20}H^{12}O^7}_{\text{Galléine}} + 2H^2O.$$

La galléine est rouge-brun par réflexion et bleue par transmission ; celle que l'on obtient en évaporant une solution de ce corps offre un éclat métallique jaune vert. Lorsqu'on la chauffe, elle se carbonise. La galléine oxydée par l'acide azotique fournit, outre l'acide oxalique, une grande quantité d'acide phtalique. Elle est peu soluble dans l'eau bouillante, avec laquelle elle donne une couleur rouge ; elle se dissout à peine dans l'eau froide, facilement dans l'alcool en colorant ce liquide en rouge foncé. La potasse la dissout avec une coloration bleue magnifique, l'ammoniaque avec une coloration violette ; la couleur bleue de la solution potassique s'altère rapidement. La galléine teint les tissus mordancés en alumine et en oxyde de fer à la manière du bois rouge, mais la nuance est un peu plus bleue. Les couleurs tiennent le milieu entre celles du bois rouge et du bois de campêche, mais elles sont aussi solides et aussi belles que la nuance fournie par le premier. Si maintenant, on compare les propriétés de la galléine avec celles de l'hématéine, on voit qu'il existe, entre les deux corps, la plus grande analogie, de sorte qu'il est extrêmement probable que la galléine appartient à la famille des bois colorés, et qu'elle est la première matière colorante de ce groupe qui ait été préparée artificiellement.

Si l'on fait bouillir de la galléine en ajoutant du zinc et de l'acide sulfurique étendu, la couleur foncée du liquide se transforme au bout de quelque temps en une nuance rouge-clair. Après la séparation par le filtre, de la petite quantité de résine formée, le liquide est complétement clair, mais il se trouble peu à peu, et il se sépare de gouttes huileuses, qui, au bout de quelque temps, se solidifient en cristaux rouge-brun. Si on arrose ceux-ci avec de l'éther anhydre, ils se dissolvent avec une grande facilité, mais au bout de quelques minutes, il se dépose, dans le liquide foncé, de gros cristaux, brillants et incolores, qui ne sont que difficilement solubles dans l'éther, et qui deviennent opaques à l'air, en se transformant en une poudre rougeâtre.

La galléine se fixe parfaitement par vaporisation aussi bien que par teinture ; mais malheureusement cette couleur est trop peu solide à la lumière, bien qu'elle résiste mieux que les autres couleurs d'aniline. Plusieurs maisons de Rouen ont appliqué la galléine sur une grande échelle ; mais elles y ont renoncé après avoir remarqué son faible degré de solidité.

Si l'on chauffe à 200° de la galléine avec 20 parties d'acide sulfurique concentré, la couleur brun-rouge de la solution devient, au bout de quelque temps, brun-verdâtre. On reconnaît que la réaction est terminée lorsqu'un échantillon

(1) Voir *Traité des matières colorantes* de MM. Bolley et Kopp, page 367.

chauffé avec de l'eau donne des flocons bruns et une solution incolore. A ce moment, on verse la masse dans une grande quantité d'eau, et on lave avec de l'eau bouillante le précipité volumineux presque noir. Celui-ci est la *céruléine* $C^{20}H^{10}O^7$, qui, desséchée, donne une masse noir bleuâtre cassante, prenant un léger éclat métallique par le frottement.

La céruléine est très-peu soluble dans l'eau, l'alcool et l'éther, plus facilement soluble dans l'acide acétique, avec lequel elle donne une coloration vert sale; elle est au contraire très-soluble dans l'aniline bouillante, avec une coloration bleu indigo magnifique. Cette dernière solution acidulée avec de l'acide acétique, teint la laine en bleu indigo. La céruléine se dissout dans les alcalis avec une belle couleur verte inaltérable à l'air, et avec les terres, elle fournit des laques vertes. Elle teint en vert les tissus mordancés à l'alumine, en brun, ceux mordancés avec les sels de fer; ces teintures supportent très-bien le savon et, au point de vue de la solidité, il paraît qu'elles rivalisent avec les couleurs de garance. La céruléine est transformée en *céruline* par les corps réducteurs; celle-ci se dissout dans l'éther avec une couleur jaune, et la solution offre une belle fluorescence verte.

Il paraît, du reste, que l'on peut obtenir directement la céruline avec la galléine, puisque celle-ci, chauffée doucement avec de l'acide sulfurique concentré, donne une masse rouge qui, par sa dissolution dans l'eau et son agitation avec de l'éther, offre la même fluorescence. Le meilleur réducteur pour la céruléine est l'ammoniaque et la poudre de zinc: la solution verte se colore en orange; mais sa surface se réoxyde rapidement à l'air, de sorte que le liquide rouge est couvert de bulles vertes. Le lo-kao ou vert de Chine offre avec la céruléine de nombreuses analogies. Comme celle-ci, il est bleu, il donne une laque d'alumine verte, et réduit par l'ammoniaque et la poudre de zinc, il fournit un liquide rouge foncé, redevenant vert au contact de l'air.

Bien que la différence de coloration des deux substances réduites semble indiquer que le lo-kao n'est pas identique avec la céruléine, celle-ci offre cependant avec celui-là de si grandes analogies, qu'il n'est pas possible de méconnaître l'existence d'une affinité entre ces substances, comme celle qui existe entre la galléine et le pigment du bois de campêche. La céruléine donne des vert-olive avec les mordants de fer et d'alumine; c'est la première matière colorante donnant directement du vert par teinture. L'échantillon n° 4 donne un spécimen de la nuance et de l'intensité que l'on peut obtenir avec ce produit.

Les nuances que l'on obtient avec la céruléine résistent très-bien au savon et à la lumière, et cette matière colorante a déjà reçu un certain nombre d'applications. Elle est peu soluble dans l'eau; aussi ajoute-t-on un peu de bisulfite de soude au bain de teinture. Le mordant par excellence pour la céruléine est le chrôme. L'échantillon n° 4 est obtenu par vaporisation sur tissu huilé, et l'échantillon sur écheveau n° 7 est obtenu par teinture.

La teinture, sur écheveaux, qui jusqu'à présent ne pouvait produire de verts solides que par une série d'opérations (et encore étaient-ils peu vifs), a mis à profit la facilité avec laquelle cette matière teint le coton.

La soie et la laine peuvent également se teindre en vert, mais, à notre grand étonnement, nous n'avons trouvé dans toute l'Exposition qu'un seul spécimen de cette matière colorante —et sur laine — (drap). Il a été fait quelques tentatives pour obtenir des laques. Elles sont un peu moins vives que la céruléine fixée directement; mais elles trouveront probablement leur emploi dans le genre meuble.

Naphtylamine.

La naphtylamine a été obtenue pour la première fois en 1842 par Zinin, en réduisant la nithronaphtaline sous l'influence du sulfure ammonique. Depuis, divers autres procédés ont été publiés, mais ce n'est que par suite de l'application du noir d'aniline à l'impression des tissus que la naphtylamine a été l'objet des études des coloristes (1). La naphtylamine (sous forme de chlorhydrate, de nitrate), épaissie et additionnée de sels oxydants, donne sur tissu des couleurs modes; mais la couleur la plus intéressante est certainement le puce de naphtylamine, et c'est principalement de cette couleur que nous allons traiter. M. Lamy avait remarqué que, si dans une dissolution chaude et concentrée d'un sel de naphtylamine on ajoute du bichromate de potasse acidulé, de façon à libérer tout l'acide chromique, une effervescence assez vive se produit et il se précipite une poudre brun noir, laquelle, lavée et traitée par l'ammoniaque ou le chlorure de soude, donne une pâte d'un brun marron assez vif, mais qui par la dessication, perd beaucoup de son éclat. Il essaya alors de fixer directement ce précipité sur tissu, et c'est ainsi qu'il put obtenir du brun puce.

M. Grosrenaud avait déjà en 1856, obtenu une série de nuances variant du marron au gris foncé — en traitant les sels de naphtylamine déposés sur le tissu par les nitrates. — Il put varier très-sensiblement en passant les échantillons, après l'action des nitrites et un lavage convenable, soit dans des solutions faibles de sels de fer, cuivre, chrôme, etc., soit dans des bains légèrement acides ou alcalins, ou encore dans des bains de savon plus ou moins chauds. Il avait également dès 1863 obtenu des puces, et ce ne fut que plus tard, en 1869, qu'une maison de Rouen appliqua cette matière colorante en grand. Cependant deux obstacles sérieux s'opposaient à l'adoption des couleurs que l'on pouvait obtenir avec cette base, d'une part, le peu d'éclat, malgré la grande solidité, et de l'autre l'odeur infecte répandue dans les ateliers. — C'est en grande partie cette répugnante et persistante odeur qui a fait abandonner l'emploi de la naphtylamine.

M. Blumer-Zveifel avait obtenu avec le chlorhydrate mélangé au nitrate d'ammoniaque et au nitrate de cuivre, un assez beau violet; mais son peu de solidité à l'air, à la lumière et au chlore le fit abandonner après quelques essais.

Voici quelques formules consacrées par l'expérience, et qui sont dues à M. Rhem.

Mode jaunâtre.

Eau	1 lit.	Sel ammoniac	10 gr.
Amidon blanc	125 gr.	Acide acétique	50 »
Naphtylamine	50 »	Acide chlorhydrique	12g,1/2
Chlorate de potasse	15 »	Chlorure ferreux à 40 deg. B.	25 gr.

Couper avec l'empois ci-dessus pour faire le ton pâle.

Mode ton grisâtre.

Même couleur que le mode ci-dessus, en remplaçant l'acide chlorhydrique par l'acide nitrique.

Couper avec le même empois.

(1) Voir *Bulletin de la Société industrielle de Rouen*, les travaux de M. Rhem et Lamy. 1876, vol. IV, page 38.

Gris (à la naphtylamine).

De l'un des modes ci-dessus.	3 parties	Gris d'aniline.	1 partie
Empois d'amidon.	1 »		

Couper avec l'empois d'amidon.

Empois d'amidon.

Eau.	1 lit.	Acide acétique.	50 gr.
Amidon blanc.	125 gr.	Huile tournante.	10 »

Gris d'aniline.

Eau de gomme adragante. .	1.500 gr.	Chlorhydrate d'aniline. . . .	5 gr.
Sel ammoniac.	40 »	Nitrate de cuivre à 45 deg. Bé	30 »
Chlorate de potasse.	40 »	Acide chlorhydrique.	40 »

On peut encore obtenir d'autres nuances en variant les proportions des agents ci-dessus indiqués auxquels il faut encore ajouter le cyanure jaune pour les modes obtenus par vaporisation. Quand au grenat de naphtylamine, voici les proportions auxquelles M. Lamy s'est arrêté : il recommande surtout l'emploi de naphtylamine aussi pure que possible, et il rejette surtout celle contenant de la naphtaline qui donne un puce terne et sans éclat.

Voici son mode opératoire: il prend 1k280 nitrate de naphtylamine, y ajoute 960 gr. acide acétique à 8 degrés Bé , fait dissoudre et verse sur 4 litres pâte d'amidon tiède à $\frac{150}{8}$ gr. par lit. d'eau, puis ajoute la dissolution suivante :

70 gr. Chlorate de potasse.
$^3/_8$ lit. Eau bouillante.

On coupe cette couleur avec la pâte ci-dessous :

2 lit. Pâte d'amidon tiède.
35 gr. Chlorate de potasse dissous dans $^3/_4$ lit. eau tiède.

En ajoutant à la couleur un peu d'acide hydrofluosilicique, on obtient un puce plus foncé, mais il ne faut pas dépasser 80 grammes par litre, après l'impression, on oxyde pendant 24 heures dans une chambre humide chauffée à 24° C au thermomètre sec et 22° au thermomètre à boule mouillée. Après l'impression, les blancs paraissent purs, mais souvent ils sont ternis par des cristaux microscopiques de naphtylamine qui se déposent sur le tissu pendant l'impression, cet inconvénient dû à la chaleur de la couleur et au froid du rouleau, peut s'éviter facilement en chauffant le rouleau préalablement avec de l'eau bouillante. Après oxydation, on passe les pièces en cuve à roulettes contenant 60 gr. bichromate de potasse, 45 gr. acide chlorhydrique à 22° par litre d'eau froide. Au sortir du bain, les pièces tombent à la rivière, puis sont lavées au clapôt Enfin, elles sont passées en cuve dans un bain de chlorure alcalin, puis finalement savonnées à 60° C dans un bain contenant 2 gr. de savon par litre d'eau pendant une demi-heure; on lave et on sèche. On peut associer au puce de naphtylamine, l'orange de chrôme, le noir d'aniline, le chamois au fer, etc.; pour plus de détails, nous renvoyons les lecteurs que cela peut intéresser à l'étude sur l'application des couleurs de naphtylamine publiée par M. Lamy (*Bulletin de la Société industrielle de Rouen*, 1876, page 38).

La naphtylamine se fixe bien sur les écheveaux. Comme le blanc n'est pas à prendre en considération, il suffit de suivre, à quelques modifications près, la méthode employée pour l'impression, il importe seulement d'observer, de teindre le coton *mouillé* en passant du bain de naphtylamine au bain de chrômate — sans sécher dans l'intervalle des opérations.

Outremers Violets-Rose.

C'est en 1826 que J.-B. Guimet prépara industriellement l'outre-mer *bleu* — l'importance de cette matière colorante n'a fait que croître, puisque la seule usine de Fleurieu près Lyon en fabrique annuellement plus de un million de kilogrammes et que bien d'autres usines françaises en font des quantités considérables. Il faut encore mettre en ligne de compte ce que fabrique l'Allemagne qui livre des produits de toute qualité, c'est-à-dire depuis les qualités extra jusqu'à celles dans lesquelles il entre plus de 80 °/₀ de sulfate de chaux et qu'alors on vend 60 à 70 fr. les 100 kilog. Mais, outre l'outremer bleu assez connu pour que nous croyons superflu de nous y arrêter, il a paru récemment des outremers de diverses couleurs et principalement de l'outremer *violet* et de l'outremer *rose*. Lorsque l'on suit les phases de la cuisson de l'outremer, on observe diverses colorations qui se succèdent dans l'ordre suivant : Brun — Vert — Bleu — Violet — Rose — Blanc. Ces couleurs sont le résultat de l'oxydation successive du mélange primitif du kaolin, du soufre et du carbonate et sulfate de soude destinés à préparer l'outremer.

Les outremers brun et vert n'ont pas reçu d'application, d'abord parce que leurs nuances sont trop ternes et que l'industrie possède à prix égal des couleurs analogues bien plus vives et plus résistantes : mais au point de vue de la solidité, l'outremer violet, qui a figuré comme produit industriel pour la première fois à l'Exposition de Vienne en 1873 et en application sur tissus à l'Exposition centrale des Beaux-arts appliqués à l'industrie à Paris, en 1874, l'outremer violet a incontestablement rendu des services à la toile peinte. Depuis peu, on trouve dans le commerce un outremer rose, qui pourra avoir un certain emploi dans l'impression, et dont la place est déjà marquée dans la fabrication des papiers colorés. Les expériences de substitution que l'on applique journellement et avec succès dans les laboratoires ont aussi été tenté sur les outremers et ont abouti à de certains résultats qui, nous l'espérons, passeront bientôt du domaine des essais dans la pratique. Voici les substitutions que l'on a hasardées : on a dans le mélange primitif, substitué au soufre, équivalent à équivalent, le sélénium puis le tellure, l'argent, etc., et on a produit les couleurs ci-après :

Outremer au soufre.	Sélénium.	Tellure.
Brun	Brun	»
Vert	»	Jaune
Bleu	Rouge pourpre	Vert
Violet	»	»
Rose	Rose	Gris.
Blanc	Blanc	Blanc

L'industrie n'a encore employé que les outremers bleu, violet et rose et je crois avoir été le seul qui ait présenté à l'Exposition universelle, des pièces imprimées en divers outremers, y compris le rose. Ces outremers figuraient

dans diverses vitrines de produits chimiques; les plus intéressants, sont le brun et le rouge vif, où le sélénium remplace le soufre, et le jaune, le vert où le tellure remplace le soufre. Ces essais ont déjà eu une certaine influence sur les matières premières, puisque le prix du sélénium a baissé de 1250 fr. le kilog. à 150 francs. On peut croire que la baisse sera encore plus forte. Il n'existe pas en effet d'applications industrielles du sélénium, et ses minerais se rencontrent partout. Il sont surtout associés aux pyrites aurifères exploitées dans les Montagnes rocheuses en Amérique.

Quant au tellure, il paraît plus rare, et son application n'est pas à tenter, l'outremer vert n'étant pas recherché par l'industrie, mais bien le beau rouge pourpre que l'on obtient par le sélénium. La fixation de tous ces corps sur le tissu se fait par des coagulants tels que l'albumine, la caséine, le gluten, la leucine, la gélatine, etc.; nous ne nous y arrêterons pas.

Couleurs d'aniline nouvelles et autres, etc. *Bleu et vert métyle.* — Parmi les nouvelles matières colorantes qui depuis l'Exposition de 1867 ont été créées, les bleus sont en grand nombre : les plus usités sont les bleus de *diphénylamine,* qui sont solubles dans l'eau et se fixent par impression avec les mordants d'alumine et l'arsénite de soude. Il existe encore une autre série de bleus dit *bleu alcalin,* qui se fixe en ajoutant du bisulfite de soude à la couleur, vaporisant, puis avivant dans un bain contenant un acide minéral. Récemment nous en avons déjà parlé; l'industrie de la teinture outre le bleu d'anthracène a essayé un autre bleu dit *bleu de méthylène.* Ce corps, découvert par M. Caro, contient du soufre et appartient à une classe de corps découverte il y a quelques années par M. Ch. Lauth. Voici comment il se prépare d'après le brevet en date du 15 décembre 1878, pris par M. Caro : le chlorydrate de diméthylaniline est transformé en nitroso-diméthylaniline au moyen du nitrite de soude. La nitroso diméthylaniline est réduite avec de l'hydrogène sulfuré en amido-diméthylaniline qui est ensuite oxydée par du perchlorure de fer, ou bien on oxyde d'abord, et on traite par l'acide sulfhydrique. Le mélange est saturé par du chlorure de sodium, et on précipite la matière colorante avec du chlorure de zinc, on filtre, et, par lavage à l'eau, on sépare le bleu très-soluble.

Ce bleu, qui paraît devoir être un concurrent du bleu d'anthracène (lequel me paraît avoir une certaine relation avec l'anthra-violet), est un dérivé de la diméthylparaphénylènediamine. Il est du reste très-soluble dans l'eau, l'alcool, l'acide acétique, et est facilement réductible par les sulfures alcalins. Voici comment on l'emploie : on épaissit une couleur contenant du tannin, de l'acide tartrique et du bleu, ou bien on imprime sur tissu préparé en tannins (mais ce procédé est moins bon); on vaporise fortement, puis on lave et on savonne. Ce bleu résiste au savon, à la lumière et au chlore. D'après les uns, on ne peut le chromater parce qu'il passe au vert; cependant en prenant certaines précautions il peut supporter le chromatage.

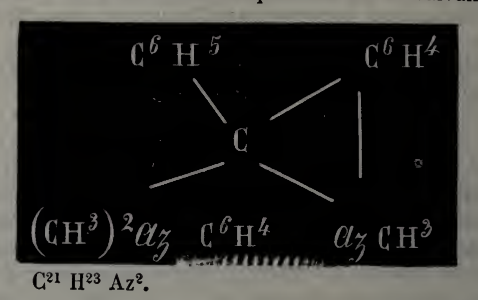
Les verts sont au moins aussi nombreux que les autres couleurs dérivées de l'aniline; on a employé le vert Eusèbe à l'aldéhyde, le vert à l'iode, le vert de méthylaniline, etc., etc.

L'Allemagne a, dans ces dernières années, employé des quantités considérables de *vert méthyle.* On mattait en acétate d'alumine, et l'on teignait en vert mélangé de quelques autres substances. Le traitement était analogue à celui qu'on donne pour faire des rouges garance, mais seulement jusqu'après la teinture. Comme couleur vapeur, le vert méthyle se fixe très-bien; on en fait une dissolution dans l'acide acétique, et on fixe par vaporisage au moyen du tanin. Une des dernières couleurs vertes qui paraît être appelée à jouer un certain rôle est

le *vert malachite*. Cette matière colorante a été découverte par Dœbner et Fischer (1) qui la préparent de la façon suivante :

On ajoute peu à peu à une molécule de trichlorure de benzile et en chauffant doucement, deux molécules de diméthylaniline mélangée de la moitié de son poids de chlorure de zinc. La matière colorante est traitée par la vapeur d'eau pour la débarrasser des produits qui ont pu échapper à la réaction; il reste un sel double de zinc qui est soluble dans l'eau, surtout à chaud.

La composition du vert malachite n'est pas encore rigoureusement définie cependant d'après E. et O. Fischer sa composition est la suivante :



ou $C^{21}H^{23}Az^2$.

D'après ces auteurs, la base que l'on obtient par la réduction du vert doit être le diamido triphénylméthane, $C^{23}H^{26}Az^2$.

Cette hypothèse a du reste été confirmée par la synthèse du violet de diméthylaniline. La quantité de matières colorantes nouvelles est tellement nombreuse, que le cadre qui nous est réservé ne nous permet pas de les étudier toutes; nous avons dû nous contenter de signaler les principales. Nous allons simplement, pour terminer cette revue, indiquer les divers produits nouveaux que l'Exposition nous a fait connaître :

Outre l'alizarine, improprement appelée bleue, nous remarquons l'*alizarine brune*, qui se fixe sur les tissus par les prussiates, le *gris Coupier* ou *nigrosine*, le *bleu noir de Collin*, l'*induline* de Williams, Thomas et Dower. Viennent ensuite les produits dérivés de la résorcine : la *primerose*, la *phloxine* la *pyrosine*, la *chrysoline*. M. Poirier de Saint-Denis livre un corps jaune dit *lutécienne*. Dès 1875, les fabriques allemandes livraient un produit dit *aurautia*, qui n'est autre que le sel ammoniacal de l'hexanitrodiphenylamine la *chrysoïdine*; une autre matière colorante rouge que Kerndt retire des asperges et qu'il nomme *éoïdine*. Le *pittacal*, matière colorante qui se dissout dans l'alcool et l'acide acétique avec une couleur brune; dans les alcalis avec une couleur pourpre, dans l'ammoniaque en bleu. Traitées par l'acide carbonique, ces solutions donnent des précipités bleus à éclat mordoré. Les acides concentrés sulfurique et chlorhydrique dissolvent la matière colorante en rouge, qui passe au bleu par la chaleur. Les solutions acides teignent les fibres animales en orange; les solutions alcalines en bleu. D'après la description donnée par Reichenbach de cette matière colorante, Liebermann admet que le pittacal n'est autre chose que le sel ammoniacal de la substance qu'il a isolée et nommée *eupittone*.

L'éosine a donné lieu à toute une série de dérivés, ainsi : l'*éosine jaunâtre* ou *tétrabromifluorescéine*; l'éosine bleuâtre ou *tétraiode fluorescéine sodium*. Viennent les dérivés nitrés, bromés, ethylés, etc., tels que l'*érythrosine*, l'*écarlate*, la *coccine*, la *nopaline*, la *safrosine*, la *bromonitro-fluorescéine*, la *pyrosine*, la *mandarine*, le *rose Bengale*, la *cyanosine*. Nous retrouverons tous ces

(1) Berichte der deutsche Chemische Gesellschafft von Berlin 1878, page 1138.

produits lors de notre visite à chaque exposant : les *auréosines jaunes et rouges*, l'*héliantine*, la *napharine*, la *vésuvine*, etc., etc. Mentionnons encore quelques autres produits tirés du règne minéral, et qui, pour les industries qui nous occupent, pourront avoir quelqu'intérêt, par exemple : le *vert Cosoli* dont j'avais présenté quelques spécimens en impression ; ce vert s'obtient en traitant par le bichromate de potasse, le sulfate de chaux obtenu en précipitant, d'après la méthode Huyghes, le chlorure de chaux par le sulfate de magnésie : on obtient un sulfate de chaux d'une ténuité toute particulière. C'est ce dernier corps qui, traité au creuset par le bichromate, donne le vert Cosoli.

Citons encore les laques, que l'on obtient par la précipitation de l'aniline ; les laques d'alizarine, de céruléïne ; enfin les gris à l'aloès, qui sont peut-être les couleurs les plus économiques qui existent; car on peut produire un gris assez intense avec une couleur revenant à six centimes le litre.

Des couleurs dites au sulfure organique.

MM. Croissant et Bretonnière inventèrent vers 1874 de nouvelles matières colorantes tirées du règne végétal et qu'ils appellèrent sulfures organiques. Ces produits s'obtiennent en traitant par le sulfure de sodium à une température élevée; des matières organiques telles que le son, la sciure de bois, l'humus, etc., presque toutes les matières organiques, les extraits de bois et jusqu'aux excrémens peuvent servir à la production de ces corps (1). Dans la période de 1830 à 1840, des gris analogues avaient déjà été faits en Alsace à Sainte-Marie aux mines; mais les renseignements précis nous font défaut.

Une fabrique allemande a pris la spécialité de ces produits et a livré au commerce une vingtaine de sulfures. Leur application à l'impression est très-facile : il suffit d'épaissir le produit en gomme adragante, puis de vaporiser pour obtenir d'assez jolis modes, feutres, gris, etc., que l'on peut varier par des passages divers. Le chromatage les rend plus jaunâtres et plus intenses; le vaporisage les rend plus foncés. Après un certain temps d'oxydation, il suffit de les dégommer soit en bouse, en craie, en silicate, en sel à bouser, etc., pour obtenir des nuances qui supportent très-bien la teinture. Malheureusement elles ne résistent pas au chlore qui les fait virer au ton rosé et les détruit. Dans la teinture, leur application est plus facile et plus générale : il suffit de plonger les échevaux dans un bain contenant la matière colorante. Le coton se teint non pas en raison de la matière colorante contenue dans le bain, mais en raison de la concentration : ainsi 1 kilogr. de matière dissoute dans 1 kilogr. d'eau donnera sur 1 kilogr. de coton une teinte très-foncée; tandis que 500 grammes de cotons teints avec 1 kilogr. dissous dans 10 litres d'eau auront une teinte beaucoup plus claire.

Les nitrates et l'acide nitrique font virer la nuance au jaune ; l'acide sulfurique et les sulfates virent au bleu, surtout le sulfate de cuivre. Le bichromate de potasse donne de l'intensité et le carbonate de soude un ton plus rosé. Signalons en passant quelques meubles à huit couleurs, où des gris de ce genre, mais faits avec l'aloès pour base, avaient été exposés dans la classe XXX, maison Hazard et Cie. Les gris étaient imprimés simultanément avec du bleu d'alizarine, bleu méthylène, vert olive, céruléine, gris à l'alizarine par l'urane, avec fond noir d'aniline vapeur.

(1) Voir le rapport de M. Rosenstiehl dans le *Bulletin de la société industrielle de Mulhouse*, 1876 et les essais de M. Glauzmann dans le *Bulletin de la société industrielle de Rouen*, 1877.

Des huiles destinées à la fixation des couleurs et généralement appelées mordants gras.

Toute invention nouvelle ne se généralise que dans le cas où elle vient au moment que nous appellerons psychologique, c'est-à-dire dans des circonstances telles que toutes les résultantes groupées autour de cette conception lui sont favorables. Il en a été ainsi de ce que nous avons appelé dans notre entête des mordants gras : les produits essayés, puis successivement rejetés, réessayés et rejetés à nouveau, s'étaient présentés dans des circonstances où leur emploi n'avait pas de raison d'être. Mais depuis la découverte de l'alizarine, depuis l'application d'un grand nombre de couleurs nouvelles, les mordants gras sont devenus un auxiliaire indispensable de la teinture et de la toile peinte, et leur emploi tend de jour en jour à se généraliser aussi bien dans l'impression, soit par vaporisage, soit par teinture, que dans la teinture proprement dite. Les mordants gras, en définitive, sont des corps gras destinés à rendre transparentes, plus vives, plus adhérentes, plus brillantes les laques colorées, précipitées ou devant être précipitées sur le tissu.

Quand on fabriquait le rouge turc par 15 ou 20 opérations, on huilait avec de l'huile dite tournante, on séchait, on engallait, etc., etc. ; bref, on cherchait à incorporer au tissu le plus de matière grasse possible ; mais comme l'oxydation de cette matière grasse ne se faisait que très-imparfaitement, il en résultait des pertes considérables et de temps, et de produit, et par conséquent d'argent.

Un des plus illustres praticiens, l'allemand Runge, le chimiste qui nous a donné sur l'aniline des renseignements que l'on devrait encore consulter, et qui prévoyait l'importance des réactions qu'il indiquait, Runge avait déjà fait de nombreuses remarques en 1834 (1) au sujet de l'application des huiles et disait :

« Une pièce de coton huilée et passée au bain d'alun prend plus d'alumine « qu'une pièce non huilée et qui aura été passée pendant le même temps dans « un bain de même force ». Il remarque aussi « qu'une pièce huilée se teint « plus facilement et devient quatre fois plus intense que la pièce non huilée ». Enfin il dit combien d'essais il a fait en vue de produire une huile qui ait les qualités de l'huile fixée et oxydée sur tissu. « Le chlore paraît être assez bon, « ajoute-t-il, mais ce qu'il y a de meilleur est l'huile d'olives, en tant qu'on « n'emploie pas des qualités inférieures traitées par l'acide sulfurique. L'emploi « de cette huile que j'appelle *huile sulfurique* (Schvefél saures Oel), ou *sulfate* « *d'huile*, ou *acide sulfoléique* a des avantages que n'a pas l'huile ordinaire. « Ainsi, on obtient avec cette huile des rouges se rapprochant énormément du « rouge turc, et, quoique l'intensité soit moindre, le rouge après avivage et « savonnage est plus *rouge* (röther) que tout autre. »

Voici la préparation qu'il faisait subir à l'huile :

2 livres, huile d'olives. 1 livre, acide sulfurique.

Bien mélanger dans un mortier en pierre. — L'huile s'échauffe et noircit. — Après refroidissement, ajouter petit à petit une dissolution de :

2 livres, potasse.
10 — eau.

Remuer aussi longtemps qu'il se dégage du gaz et ne cesser que quand l'effervescence sera terminée. L'huile surnage sous forme d'une masse assez épaisse

(1) Voir *Farben Chemie Die Kunst zu faerben*. Berlin 1834, page 213.

et visqueuse ; on enlève l'acide au moyen d'un siphon, puis on ajoute à l'huile restante, en remuant constamment, un bain composé de:

2 livres, potasse.
2 — chaux.
80 — eau.

Il se forme alors un bain laiteux correspondant à ce que l'on appelle aujourd'hui un *bain blanc*. Il ajoute : « comme la potasse ne se combine pas à l'acide sulfoléique, il faut employer la soude, — et la préparation du tissu se fait ainsi: on foularde dans ce bain d'huile sulfurique alcalinisée, on exprime légèrement, on laisse un peu à l'air et on sèche, puis on matte en alumine, etc. »

Si je me suis étendu sur cette préparation, c'est que c'est précisément l'une de celles qui donne avec quelques légères modifications, les meilleurs résultats. Voici comment on opère:

10 kilos, huile d'olive.
5 — acide sulfurique 66.

Qu'il faut ajouter peu à peu, car la masse s'échauffe et il faut éviter l'échauffement, laisser 80 heures en contact, puis laver à l'eau distillée tiède. On répète ce lavage avec 80 litres d'eau auxquels on ajoute 2 kilos de sel de soude ou de sel marin. D'autres emploient du chlorure d'ammonium. Ces préparations varient avec les usines et je citerai celle qu'indique M. Muller Jacobs (1). « On traite, dit-il, l'huile de *ricin* avec 20 % d'acide sulfurique à 66° Be qu'on ajoute peu à peu et à froid à l'huile. Après un contact suffisamment prolongé, on neutralise avec des cristaux de soude ; on obtient ainsi un produit complétement soluble dans l'eau. Les huiles d'œillette, de sésame, de navette, d'arachide, de colza, de pavot, etc., traitées de la même manière donnent aussi des sulfooléates, mais le rendement est inférieur à celui de l'huile de ricin (2). »

Le même M. Muller prépare ensuite un second corps en traitant à chaud:

100 parties de colophane.
250 — acide nitrique.

Puis évaporant et chauffant le résidu pendant une demi-heure à la température de 260 à 280 degrés dans un auto-clave. Après refroidissement la masse fluide est traitée par 10 à 20 % d'acide sulfurique à 66° Be et neutralisée par de la soude, il se forme alors le sulfothérébenthinate de soude. Ce sel, séparé du sulfate de soude qu'il contient, est mélangé en parties égales avec le sulforicinate de soude précédent et d'après M. Muller Jacobs, c'est là le mordant gras employé pour la fabrication du rouge turc. Il est difficile de donner des renseignements au sujet des préparations grasses ; chaque coloriste les modifiant selon ses besoins ; mais dans l'espèce, celles précitées donnent d'excellents résultats dans la teinture en rouge turc, dans l'impression et dans la teinture des écheveaux.

Pour l'impression en général, on opère ainsi : on plaque ou foularde en bain contenant suivant les genres et suivant les tissus de 4 à 12 % d'huile. On sèche, puis on imprime. Toutes les couleurs sont rehaussées par l'emploi du mordant gras et quand on veut obtenir par application un rouge presqu'aussi beau que

(1) Berichte der chemische Gesellschaft zu Berlin, juillet 1878.

(2) Beaucoup de visiteurs à l'Exposition de la classe 30, influencés par l'odeur que dégageaient les indiennes exposées, se figuraient voir des tissus de laine et non des tissus de coton et attribuaient à l'ensimage, l'odeur spéciale dûe à l'acide sulfoléique de ricin imparfaitement enlevé.

celui obtenu par teinture, on opère de la façon suivante: on matte le tissu blanc dans un bain composé de stannate de soude à 10° auquel on a ajouté son volume d'eau contenant 5 % de mordant gras; on laisse enroulé pendant 2 à 3 heures, puis on passe en acide sulfurique à 1° Bᵉ, on sèche, on répète l'opération une seconde fois et on obtient par vaporisage, des rouges alizarine aussi vifs que par teinture; le rouge prend une teinte ponceau que l'on ne peut obtenir autrement. Quant aux écheveaux rouge turc alizarine, voici quelques manières d'opérer inédites et qui donnent d'excellents résultats: foularder ou matter en mordant gras, sécher puis matter en acétate d'alumine, sécher et bouser, teindre dans un mélange d'alizarine et d'eau de son et d'huile, puis savonner après la teinture.

Que l'on mélange du mordant gras avec de l'aluminate de soude à 20° préparé en dissolvant, dans de la soude caustique, de l'alumine en gelée, puis chauffant jusqu'à saturation de la soude, en foulardant dans ce mélange, séchant puis mettant à l'étendage pendant 48 heures, on obtient un excellent mordant pour la teinture en rouge, après l'étendage, on dégomme dans un bain composé de:

8 litres bouze.	pour 100 litres d'eau.
1 kilo craie.	
1 — sel ammoniac. . .	

On dégomme une demi-heure à 35° C et on teint avec une partie alizarine 10 % et deux parties son, jusqu'au bouillon ; arrivé au bouillon, on enroule les pièces sur le tourniquet et on ajoute au bain de teinture par 100 gr., alizarine 10 %, 20 à 30 gr., mordant gras (huilé); on fait bouillir pendant 20 minutes, on obtient ainsi un très-beau rouge qui se trouve avivé en même temps que l'on évite toute espèce de tâches. On obtient aussi un magnifique rouge par teinture sur écheveaux en opérant comme suit:

Foularder en acétate d'alumine au degré voulu suivant l'intensité du rouge à obtenir (avec 7 degrés on obtient un rouge moyen), puis on dégomme après oxydation, on teint en alizarine; après teinture, on foularde en mordant gras et sans sécher, puis on vaporise pendant une heure et enfin on savonne.

Pour ce qui concerne l'impression, il est quelquefois inutile de savonner; ainsi on peut opérer par le procédé suivant qui, s'il ne donne pas des rouges de toute beauté est utilisable dans les cas où il faut viser à l'économie ou dans les cas qui ne permettent pas l'emploi du savon: on passe le calicot blanc dans un bain de 7 à 8 % d'huile pour rouge. On sèche à la chambre chaude ou de préférence dans une étente à air libre; après l'impression, on vaporise de une heure une heure et demie, on lave à la clapoteuse et enfin, pour aviver, on passe pendant une demi-heure dans un bain composé de:

1000 kil. eau à 50 degrés cent.
2 kil. Alun.

On rince à l'eau courante, et l'on sèche à l'air. Pour les dessins à fond rouge, donner autant que possible les traitements au large et pour achever de nettoyer le blanc, passer au bain de savon contenant pour 1,000 litres d'eau, 500 grammes cristaux, 200 gr., sel d'étain et 3 kilos savon blanc à 50°. Nous donnons ici quelques spécimens d'écheveaux teints avec des mordants gras; l'échantillon n° 8, pl. IX, est teint sur coton huilé, l'échantillon n° 10 pl. IX produit du rose. C'est une des nuances les plus difficiles à obtenir également. Avec l'alizarine et les traitements que peut supporter ce corps, on y arrive encore assez facilement. Enfin, l'échantillon n° 9, pl. IX, est du violet à l'alizarine aussi obtenu par teinture

et avivé en mordant gras. Pour le violet, l'application de l'huile n'est pas utile, et est plutôt nuisible comme nuance, mais quant à la solidité elle est toujours plus grande avec le mordant gras.

BLANCHISSAGE.

Le blanchissage, ou la série des opérations que l'on donne au linge pour le remettre en état de servir à nouveau, occupe dans l'économie domestique une place importante ; aussi, les appareils concernant ce procédé, étaient-ils assez nombreux à l'Exposition ; cette industrie dont le développement est considérable surtout dans les environs des grandes agglomérations donne lieu à des chiffres d'affaires très-élevés (1). Les opérations qui constituent le blanchissage assez sont nombreuses : la première, dite *trempage*, consiste à immerger le tissu dans l'eau pour ramollir les substances qu'il s'agit d'enlever et en même temps dissoudre les sels solubles dans l'eau, puis à l'aide de frictions avec du savon, opération facilitée par le battoir ou la brosse, on *essangue*, c'est-à-dire que l'on enlève déjà une certaine portion des substances solubles et aussi celles insolubles fixées mécaniquement sur la toile ; on procède ensuite au *coulage* ou au *lessivage* proprement dit, c'est une des opérations principales et de laquelle dépend en partie la réussite d'un bon blanchissage; le lessivage consiste à faire agir sur le tissu à blanchir, une dissolution alcaline, à un degré de chaleur et de concentration telles que la saponification des corps gras puisse s'opérer.

La quatrième opération est le *lavage et savonnage* qui enlève par immersion et par frottement ce que le coulage n'a pu enlever. Le *rinçage* suit le savonnage et a pour objet de débarrasser complètement le tissu de l'eau savonneuse dont il était imprégné. Cette opération, qui de prime abord, paraît accessoire, est cependant assez difficile, car il arrive souvent qu'elle est donnée incomplètement et alors le tissu conserve une odeur désagréable. Enfin, les opérations finales qui sont l'essorage, et le séchage qui se fait soit à l'air libre, soit à l'air chaud ou encore sur des appareils spéciaux.

Il existe encore toute une série d'opérations par lesquelles on donne l'aspect extérieur convenable, pour la vente ou pour l'usage, en un mot des opérations *de toilette*, ce sont l'apprêt, soit souple, soit dur, brillant, glacé, mou, etc., que l'on obtient par le calandrage, le pressage, le repassage, le gaufrage, le tuyautage et qui se terminent toujours par le pliage. Nous ne nous occuperons ici que des opérations principales, sans nous arrêter à celles qui, tout en étant de moindre importance sont cependant indispensables, comme le trempage, le rinçage. L'opération essentielle du blanchissage est le lessivage ou coulage ; la théorie en est assez simple ; le linge sale contient plusieurs impuretés les unes solubles, les autres insolubles, telles sont les taches de vin, de fruits, de rouille, d'encre, de graisse, etc., au point de vue du lessivage, ce sont les taches grasses qui sont à considérer, car elles ne peuvent être éliminées qu'après avoir subi l'action d'un alcali qui doit les saponifier. C'est cette saponification qui est l'objet principal du lessivage. Cette opération se fait au moyen du carbonate de soude ou du carbonate de potasse ; c'est ce dernier agent qui constitue le principe actif des lessives faites avec les cendres de bois.

Un des graves inconvénients du sel de soude est d'attaquer la fibre, ce qu'on appelle vulgairement *brûler* le linge, quand par des lavages réitérés l'alcali n'a

(1) Voir le *Dictionnaire des arts et manufactures*, page 625.

pas été complétement retiré. Une méthode généralisée en Allemagne et en Belgique est la suivante:

Deux livres de savon sont délayées dans 25 litres d'eau aussi chaude que peut le supporter la main, on y ajoute ensuite une cuillerée d'essence de thérébenthine et 3 ou 4 cuillerées d'ammoniaque liquide, on mélange bien, puis on y trempe le linge pendant deux à trois heures, en ayant soin de couvrir le baquet aussi hermétiquement que possible. On lave le linge comme à l'ordinaire, on rince à l'eau tiède, on passe au bleu, le linge n'en souffre nullement, l'ammoniaque s'évaporant ainsi que la thérébenthine. Tout le monde sait que d'un bon lessivage dépend un bon blanchissage ; or pour bien opérer il faut que la lessive ne dépasse pas un certain degré de concentration et qu'elle atteigne le bouillon (100° à la pression 0,76) mais si elle est ou trop chaude ou trop alcaline, elle altère rapidement le linge, comme aussi si elle est trop faible elle devient inactive ou insuffisamment active.

Les procédés employés pour le lessivage se rapportent aux types suivants: Lessivage par aspersion à la main, c'est-à-dire le procédé où on asperge le tissu de lessive bouillante pendant une durée de 15 à 20 heures, ce que l'on appelle le *coulage* ; cette méthode est assez pénible et présente de nombreuses imperfections. Une des grandes maisons de Paris, MM. Piet et Cie construisent pour les ménages un appareil qui au moyen d'une pompe élève le liquide destiné à asperger le tissu et ainsi diminue notablement la main-d'œuvre, et en même temps que l'opération peut être conduite plus rapidement et plus régulièrement. Une autre méthode consiste à faire refouler la lessive bouillante par la pression même de la vapeur que l'ébullition dégage en quantité suffisante pour opérer ce refoulement, cette méthode est due à Widmer de Jouy.

Parmi les spécimens de ce genre qui ont figuré à l'Exposition nous avons remarqué les appareils de M. Michel (pl. V, fig. 5) qui permettent de couler plusieurs lessives à la fois, les quantités de sel de soude à employer varient dans les proportions suivantes:

Pour	4 kil.	de linge sec, il faut environ		0,200 kil.	de savon.
—	10 kil.	—	—	400 kil.	—
—	35 kil.	—	—	750 kil.	—
—	60 kil.	—	--	2,500 kil.	—
—	120 kil.	—	—	4,500 kil.	—

D'autres constructeurs ont aussi perfectionné ce genre de cuviers et M. Decoudun a séparé le cuvier de la chaudière ou se produit l'ébullition. Dans cet appareil, la chaudière à ébullition est échauffée par un fourneau placé à côté des deux cuviers quelle doit desservir. La lessive refoulée par la pression de la vapeur se lève par le tube fixé sur le dôme de la chaudière et va se déverser sur le linge. Quand elle est arrivée au bas du cuvier, un tuyau muni d'un robinet permet de ramener le liquide dans la chaudière, pour le réchauffer jusqu'à ce que la tension de la vapeur le refoule à nouveau et reproduise l'aspersion qui se renouvelle chaque fois dans les mêmes conditions. Le tuyau déversoir peut à volonté être dirigé à droite ou à gauche et de cette façon le même fourneau sert pour les deux cuviers.

Un procédé qui a dû être abandonné est celui dit par circulation continue ; Darcet, Descroizilles père et Chevalier s'en sont occupé, mais, en pratique de *ménage*, ce moyen n'a pas eu de succès ; il a été et est encore employé dans le blanchiment en grand des tissus destinés à la toile peinte. Chaptal imagina un autre moyen qui a été essayé par Bosc, Cadet de Vaux, Curandeau, mais n'a pas donné les résultats qu'il promettait. Le linge, préalablement plongé dans de la lessive froide, était placé dans un cuvier disposé au-dessus de la chaudière

à vapeur. La vapeur en se levant échauffait successivement la lessive dont le linge était imprégné, et s'y condensait, tout en réagissant sur les corps gras; puis la masse liquide redescendait à travers le linge et l'opération était terminée. (pl. II, fig. 2).

Un autre système de lessivage dit par immersion est dû à M. Sol; il repose sur l'emploi d'une roue à laver à claire-voie, tournant sur son axe horizontal dans un tambour fermé, un arrangement intérieur fait pénétrer de la vapeur de sorte que les tissus sont plongés alternativement dans la vapeur et dans la lessive bouillante. Ce système a été peu usité en France, cependant un appareil de ce genre figurait à l'Exposition et paraît avoir donné d'assez bons résultats, c'est la lessiveuse de M. Hotton qui fonctionne de la manière suivante: On fait tremper le linge la veille du lavage, on tord, savonne, puis on le jette dans l'appareil, on verse de l'eau bouillante et on fait manœuvrer pendant 15 à 20 minutes, en jetant alternativement les bras de droite à gauche, on visite le linge et on remet du savon sur les taches avec de l'eau bouillante, on manœuvre pendant 15 minutes et l'opération est terminée. Un appareil analogue est celui de Loisy qui fonctionne comme une roue à laver; cet appareil paraît surtout recommandable pour les flanelles et étoffes de laine.

Un dernier système de lessivage ou de coulage est celui par affusion à une température graduée. Pour donner des résultats avantageux, un appareil doit soumettre le linge à l'action de la lessive à 100° après l'avoir préalablement arrosée de liquide à des températures croissantes; la saponification s'effectue plus rapidement, plus complètement et le tissu risque moins d'être altéré. On dépense en moyenne pour :

100 kil. de linge.
10 kil. de charbon.
2 kil. de sel de soude.

Plusieurs appareils se construisent sur ce dernier principe; le suivant qui figurait classe 57 est dû à M. Maillard : la lessive se lève par le tube central du cuvier, se déverse en affusions et descend à travers le linge pour retourner à la chaudière d'où elle se lève de nouveau. Cet appareil est bon pour les petits ménages, mais pour les établissements publics, hôpitaux, etc., l'appareil de M. Decoudun satisfait à toutes les exigences d'économie, de rapidité et de bon lessivage. Une prise de vapeur, amenée dans le fond du cuvier par un tuyau qu'on ouvre au moyen d'un robinet placé sur le côté, refoule par sa pression la lessive qui se lève dans un tube central et vient se déverser par les deux branches d'un tuyau horizontal, articulé à l'extrémité du tube vertical et fonctionnant à la manière d'un tourniquet hydraulique. Cette disposition produit une aspersion régulière, les premiers jets de vapeur refoulent le liquide du fond avant de l'avoir tout-à-fait échauffé, et la température augmente jusqu'au bouillon. (pl. II, fig. 1).


Fig. 1. — Lessiveuse Maillard.

Lavage.

Le coulage terminé, le linge doit être nettoyé, et est alors soumis aux opérations manuelles du battoir ou de la brosse ou enfin mécaniquement dans des appareils spéciaux. Nous ne parlerons pas de la batte ni de la brosse que tout le monde connaît, disons seulement qu'il faut toujours employer la brosse en crin animal et rejeter celles en fibres végétales. Les appareils à laver se rapportent presque tous à la roue à laver, cet appareil est quelquefois cylindrique, ou octogonal, parfois hexagonal, ou même pentagonal, dans le genre des barattes à battre le beurre, il est monté sur un arbre que l'on peut faire mouvoir par une manivelle ; certaines roues ont un mouvement circulaire

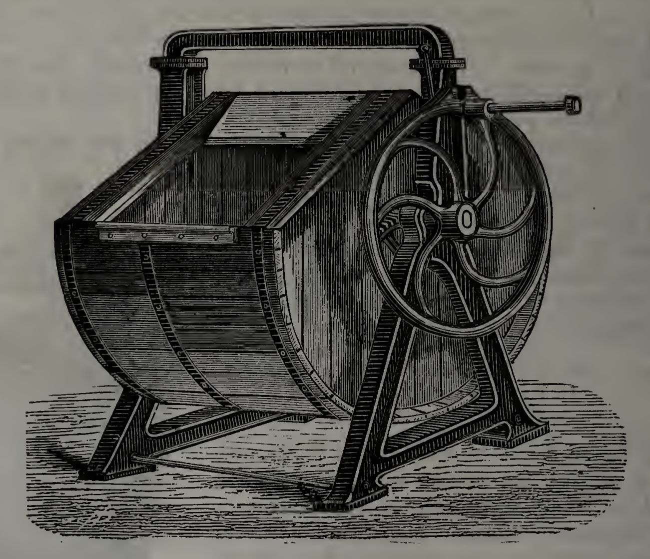


Fig. 2. — Laveuse.

d'autres ont un mouvement alternatif de va-et-vient qui secoue plus le linge, enfin, d'autres sont cloisonnées à l'intérieur pour qu'il y ait plus de surface de frottement contre le linge ; un orifice spécial est adapté pour l'entrée du linge et un orifice de sortie permet de vider les eaux sales pendant que l'appareil est chargé.

MM. Piet et Cie de Paris ont construit pour les petites installations une machine qu'ils appellent aide-laveuse et qui diffère de celles généralement employées. Dans un bac en bois, deux cloisons verticales à claire-voie sont disposées ainsi qu'un fond plein; un rouleau compresseur aussi à claire-voie est suspendu à un châssis articulé au haut de la machine avec un axe qui lui permet d'osciller librement. Dans le fonctionnement de l'appareil, le rouleau presse le linge contre les cloisons, l'eau s'écoule et va imbiber le côté opposé, de façon que le linge subit une sorte de trituration qui donne de bons résultats sans fatiguer la toile.

Le tissu lavé est ensuite soumis au rinçage et au bleutage ou azurage, le rinçage se fait quelquefois à froid, d'autre fois à chaud ; l'azurage a lieu au moyen de l'outremer. Dans le temps on employait le bleu de Prusse soluble dans l'acide

oxalique ou encore l'indigo dissous dans l'acide sulfurique, aujourd'hui c'est à peu près uniquement l'outremer qui sert à cet usage. Après ces opérations le

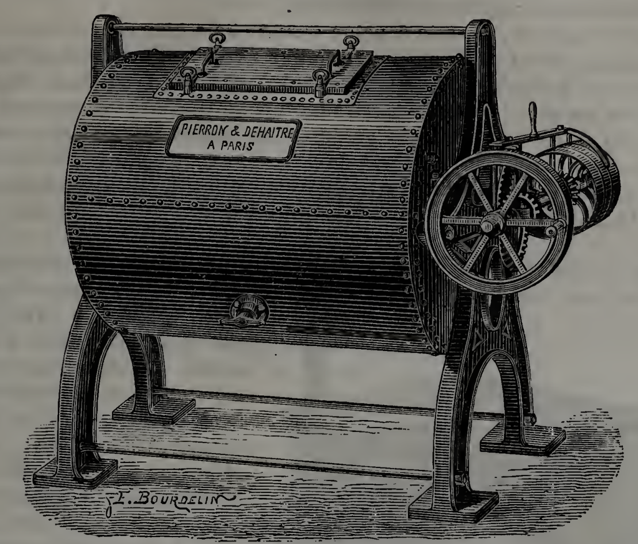


Fig. 3. — Machine à laver à simple et à double enveloppe, à bras ou au moteur.

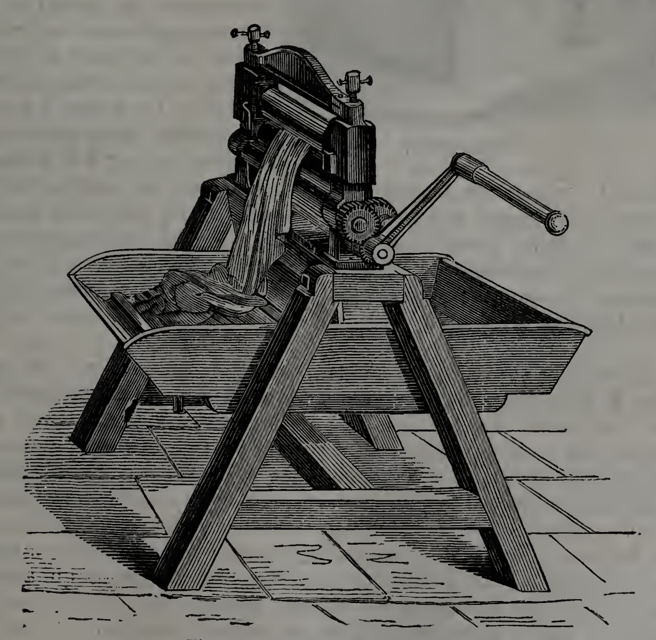


Fig. 4. — Essoreuse par compression.

linge doit être séché, mais comme il contient beaucoup d'eau, on le soumet à l'essoreuse. Celle dont nous donnons le dessin, est de la construction de MM. Buffaud frères, de Lyon (pl. VII, fig. 4), qui ont la spécialité des hydro-

extracteurs et essoreuses. Celle-ci représentée fonctionne à la main ; mais on peut les faire mouvoir soit avec une courroie, soit avec une petite machine à vapeur directement appliquée à l'essoreuse.

Dans cette machine, il reste à peine quand elle a bien fonctionné 30 à 40 °/₀ d'eau relativement au poids du linge, ce que ne peuvent donner les meilleures expresseuses à foulard, celles-ci cependant sont aussi d'un bon usage, mais fatiguent un peu plus le linge. L'essoreuse à compression se compose d'un bâtis sur lequel se trouve une bassine, au-dessus de la bassine sont fixés deux rouleaux en bois ou en métal recouvert de calicot : on peut faire tourner ces deux rouleaux au moyen d'une manivelle, le tissu est passé entre ces deux rouleaux et quand la manivelle fonctionne le tissu est serré et par suite exprimé, fig. 4.

Séchage. — Dans un ménage, le séchage se fait autant que possible à l'air libre et au soleil, mais quand il s'agit de quantités considérables de linge et que la livraison doit être faite dans un délai déterminé, il faut recourir à d'autres moyens, c'est alors que l'on emploie le séchage à air chaud. Tous les appareils employés à cet effet, sont une réduction ou une imitation des séchoirs employés dans les fabriques de toiles peintes. Cependant, il en est quelques-uns d'intéressants en ce sens qu'ils sont plus spécialement applicables au linge de corps et de vêtement. Nous voulons parler des séchoirs rotatifs. La figure 5 représente un séchoir de ce genre construit également par MM. Decoudun et Cie de Paris. Le support du linge à sécher est une sorte de roue, mobile sur un axe vertical dont chaque rayon, destiné à recevoir les pièces du linge, vient tour à tour se placer devant la porte étroite qui sert au chargement et au déchargement de l'appareil. Ce sêchoir a beaucoup d'analogie avec les carrousels tournants, en supposant que ces derniers soient englobés dans une chambre chauffée et installée de façon à faciliter l'écoulement de l'air saturé de vapeurs d'eau.

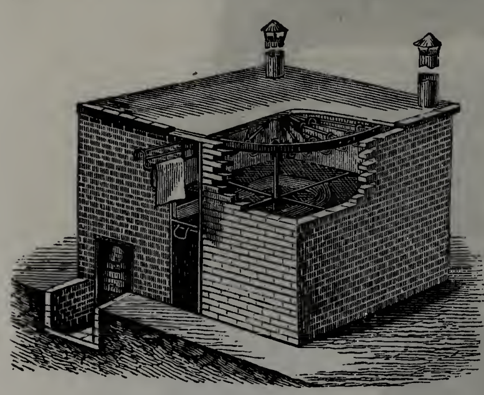


Fig. 5. — Séchoir rotatif.

Dans l'exposition suisse, nous avons remarqué un spécimen de ce genre exposé par M. Bons-Renevier, de Genève. Ce séchoir mobile circulaire permet de sécher à la fois de grandes quantités de linge qui est chargé d'une manière continue par une seule ouverture, sans que les ouvriers soient obligés de pénétrer dans l'espace chauffé. Le blanchissage se termine par diverses opérations dans le détail desquelles nous ne pouvons entrer ici et que nous indiquerons seulement sommairement. Le *pliage* qui se fait à la main, le *pressage* qui a pour but de donner du lustre, le *calandrage* qui donne du glacé aux étoffes, le *repassage* qui s'opère à la main pour les pièces difficiles, mais qui aujourd'hui se fait mécaniquement pour bien des genres : le *tuyautage*, le *gaufrage*, le *plissage* qui se fait aussi à la machine et qui est largement appliqué depuis l'introduction par la mode des garnitures de robes dites *balayeuses*.

BLANCHIMENT.

Le blanchiment des toiles peintes et des tissus en général de quelque provenance qu'ils soient, a présenté peu de nouveau à l'Exposition, au point de vue purement chimique. Quelques procédés cependant ont été présentés, mais il est prudent d'attendre que la pratique en ait sanctionné la valeur pour en parler longuement.

Les perfectionnements qui ont été réalisés depuis 1867 reposent principalement sur des applications mécaniques. On sait qu'avant de blanchir les tissus, il faut les soumettre à l'action du roussissage ou du flambage. Un nouvel appareil a figuré à l'Exposition, c'est celui de M. Blanche, de Puteaux. Cet appareil paraît surtout être avantageux pour la laine (pl. VII, fig. 2).

Les appareils à blanchir sont à peu près les mêmes et ceux que nous indiquons ici représentent les types principaux. L'un est l'appareil à haute pression construit par MM. Mather et Platt de Manchester (pl. IV, fig. 5). Par ce système on utilise le même bain dans deux chaudières et l'on obtient ainsi une économie de temps, car on fait fonctionner une chaudière pendant que l'on vide l'autre.

Un des autres systèmes également très-usité est celui à circulation continue (pl. VIII, fig. 3). Dans un réservoir placé en contre-bas de la chaudière, on introduit le bain de lessive que l'on chauffe par de la vapeur; le bain une fois chaud, est envoyé par l'effet de la pression dans la grande cuve sur le tissu, là il agit, passe et revient dans le réservoir où l'on recommence l'opération. Des robinets placés sur les côtés laissent retourner le bain dans le réservoir, ou bien quand un des robinets est fermé on ouvre l'autre, et alors le liquide s'écoule par l'orifice. Pour les tissus épais, on blanchit actuellement au large, et on évite ainsi les éraillements et les plis et la trop grande tension toujours nuisible aux tissus lourds dont la lisière est quelquefois un peu faible. Après ces diverses opérations, les tissus passent par les appareils à laver (1) qui pour le blanchiment peuvent se ramener à deux types: 1° le clapot soit ordinaire, soit avec les modifications qui empêchent la tension des plis; 2° le genre traquet modifié. Cette dernière machine, imaginée par M. Imbach en 1870 ou 1871, lave non pas par compression, mais par battage, elle se compose de deux traquets à six pans placés aux deux côtés d'un bâti. Dans le milieu de ce bâti et dans le bas est placé un autre traquet également à 6 pans dont *la moitié* plonge dans l'eau. Sur l'un des côtés de la machine se trouvent des chevilles qui séparent les plis de la pièce; une disposition adaptée à ces chevilles arrête immédiatement la machine quand des plis viennent à s'accrocher ou que par une cause quelconque, les plis se sont mêlés. Cette machine produit environ 125 mètres par minute.

Théoriquement, comme un traquet donne 6 coups, qu'il y a trois traquets et que la machine fait 80 tours à la minute, nous avons donc $80 \times 3 \times 6 = 1440$ coups et comme il y a 36 plis, nous obtenons un total de *cinquante et un mille coups battus dans une minute.*

En pratique, il faut tenir compte du glissement des courroies, du tissu, du ralentissement du moteur, des poids de tissus, etc., et en admettant seulement la moitié, un mètre de tissu reçoit 432 coups. Cette machine très-simple, ne comportant pas d'organes à frictions, demande peu de force, c'est une des meilleures machines produites, on y peut laver avec succès tous les genres de fabrication. Toutes les pièces en sortant de ces divers appareils à laver con-

(1) Voir *Traité de l'impression des tissus*, par Persoz, vol. II, pages 38, 40, 43, 45, 106.

tiennent énormément d'eau, environ leur poids; on ne pourrait les sêcher ainsi, on les passe alors dans la *presse à exprimer*.

Cet appareil qui, primitivement se composait simplement de deux rouleaux de bois, a subi de notables perfectionnements. On fait aujourd'hui ces rouleaux en métal garnis de caoutchouc ou recouvert de cordes de coton, on évite ainsi de déchirer le tissu en même temps que l'on économise le *garat*, (enveloppe faite avec des doubliers hors de service). On a aussi adapté à l'entrée de la pièce une vis sans fin qui fait mouvoir la lunette d'entrée, de sorte que le tissu ne passe jamais par la même place; il décrit une hélice sur les rouleaux exprimeurs.

Nous avons jusqu'à présent traité les machines à laver servant aux tissus en boyaux. Quand il s'agit de tissus épais comme les moleskines, les velours, etc., on emploie alors d'autres engins (1). Une machine spéciale est celle au large et à battoirs représentée pl. IX, fig. 5 :

Elle se compose de: une grande caisse rectangulaire, cette caisse est munie de deux clapots ordinaires A et B, et en outre, elle a à la hauteur du niveau intérieur de l'eau qui est dans la cuve, en C, des espèces de traquets prenant toute la largeur de la pièce, lesquels sont mûs par un mouvement alternatif placé en D et qui fait que la pièce en passant par ces espèces de traquets est sollicitée par les petits rouleaux de conduite E et F, la marchandise se trouve donc être exprimée et battue, et le résultat est des meilleurs. Il faut cependant remarquer que la longueur de l'appareil donne une certaine tension et que par conséquent les lisières du tissu peuvent être fatiguées; j'ai pour obvier à cet inconvénient, perfectionné la machine dite machine à laver au large et au moyen d'un appendice très-peu coûteux, je puis à volonté tendre très-fort chaque pli ou lui donner tout le lâche désirable.

Le blanchiment du coton a cependant subi quelques modifications, par suite de l'introduction de genres nouveaux; ainsi aujourd'hui, on tisse des noirs d'aniline, des rouges d'alizarine et même des bleus d'indigo avec le coton écru, il a fallu blanchir ces étoffes et sans altérer les couleurs tissées. La mode a fait revivre les toiles de coton ornementées de liteaux rouges ou bleus et aujourd'hui on blanchit très-facilement ces étoffes. Parmi les nouveaux procédés qui figuraient à l'Exposition, nous signalerons le procédé de M. Th. de Dienheim Brochoki qui, au moyen d'un nouveau produit qu'il appelle chlorozone peut blanchir plus rapidement. Voici comment il obtient le chlorozone, il sature une dissolution alcaline plus ou moins concentrée par un courant *d'acide hypochloreux uni à un courant d'air*. Il se forme, d'après l'auteur, un produit décolorant auquel il a donné le nom de *chlorozone*, et dont la formule, *dit-il*, varie suivant la proportion des équivalents de la base alcaline en dissolution et de l'acide hypochloreux qui le sature. Divers essais ont été tentés et notamment par la Société industrielle de Mulhouse, mais les résultats ne paraissent pas absolument satisfaisants.

Un autre industriel, M. Coisin-Bordat de St-Denis avait proposé un mode de blanchiment qui permettait de blanchir en 12 heures. D'après des spécimens que j'ai eu entre les mains, cette application pourra être utilisée pour les tissus blancs, mais dans l'impression, elle n'est pas applicable; les couleurs rendant moins bien que sur le tissu écru, sans parler des taches grasses qui peuvent encore se produire. D'autres industriels avaient exposé des spécimens obtenus par des procédés nouveaux, aussi on pouvait voir dans la vitrine de M. Plantrou

(1) Voir le *Bulletin de la Société libre d'émulation de Rouen*, la *Monographie des machines à laver* employées dans le blanchiment et la toile peinte. Rouen, 1876, par J. Dépierre.

de la laine blanchie par un procédé spécial (1). M. Briffaud avait aussi exposé des soies *tussore* blanchies et teintes. Dans la section des Indes, nous avons vu de remarquables spécimens de ces soies préparées suivant les indications de M. Thomas Wardle ; il y avait non-seulement des échantillons blanchis, mais encore des échantillons teints et quelques-uns imprimés; *un échantillon imprimé en bleu d'indigo* obtenu par un procédé spécial mérite tout particulièrement d'être mentionné. Le procédé de blanchiment employé paraît se rattacher à celui indiqué par M. Girard et qui est appliqué en grand par la maison Lebouteux, de Paris. On se sert d'ammoniaque très-diluée ou de sels ammoniacaux, et comme opération terminale on emploie l'hypochlorite d'ammoniaque et l'eau oxygénée. M. Tessié du Motay avait en 1875 proposé l'emploi du bioxyde de baryum, et c'est en partie par ce procédé que les teinturiers de Paris blanchissent leurs soies *tussah* ou *tussore*. Un autre procédé de blanchiment est indiqué par MM. Schadrack et Lepage, cité Trévise, à Paris, qui avaient exposé de magnifiques spécimens de fibres végétales blanchies par leur système ; ils indiquent le prix de revient qui, disent-ils, varie de 5 à 25 francs les 100 kilogr., mais de plus amples renseignements nous font défaut.

En dehors de ce que nous avons vu à l'Exposition, nous devons mentionner le procédé de blanchiment de Hodges qui emploie l'hypochlorite de magnésie (2). M. Hodges se sert comme matière première de la kieserite qui est un sulfate de magnésie naturel que l'on trouve abondamment dans les mines de Strassfurt, il ajoute à une solution de ce sulfate, de l'hypochlorite de chaux, il se forme du sulfate de chaux et de l'hypochlorite de magnésie. Ce sel a donné d'excellents résultats sur le lin, et plusieurs manufactures d'Irlande appliquent déjà ce procédé. Certaines fabriques de France l'essaient pour les tissus épais et il est prouvé que les couleurs, surtout les rouges d'alizarine, se fixent mieux sur les tissus de coton blanchis à l'hypochlorite de magnésie que sur ceux passés en chaux.

On a aussi, depuis quelque temps, blanchi des bobines de coton écru, sans dérouler la bobine ; de nombreuses tentatives de ce genre avait déjà été faites, mais n'avaient pas abouti. Ce nouveau procédé dû à M. Daniel est encore à l'essai. On a aussi proposé pour les tissus de coton les silicates alcalins et divers autres procédés auxquels nous ne nous arrêterons pas.

Nous terminerons cette étude du blanchîment en général, en indiquant d'après la « *Deutsche Industrie Zeitung* » le procédé de blanchîment pour les fibres animales, proposé par M. Kallab.

La laine blanchie par l'acide sulfureux, par n'importe quel procédé, présente toujours une teinte jaunâtre : afin de masquer cette dernière, on introduit dans les fils ou les tissus différentes matières colorantes bleues et violettes, telles que le carmin d'indigo, le bleu ou le violet d'aniline, l'outremer, le bleu de Berlin, le bleu de cobalt et autres. Bien que l'on obtienne ainsi un résultat satisfaisant au point de vue de la pureté du blanc, il est à remarquer que ces matières colorantes résistent mal à l'action de l'air et de la lumière ou à celle de la vapeur d'eau ou de savon.

Une nouvelle méthode a été proposée par M. Kallab pour blanchir la soie et la laine en employant l'acide hydrosulfureux de Schützenberger et en se servant d'indigo pour produire un bleu résistant à la lumière, à l'air et au foulage.

Après avoir débarrassé l'étoffe à blanchir de toutes les impuretés à l'aide des moyens ordinaires, on la plonge dans un bain d'eau pure à la température ordinaire et auquel on a ajouté au préalable 0,5 à 1 gramme d'indigo bleu

(1) Nous n'avons pu obtenir de renseignements précis sur ce procédé.
(2) Voir *Moniteur scientifique* du docteur Quesneville, juillet 1878, pages 723, 912.

rougeâtre finement pulvérisé, par 100 litres de liquide ; cette solution présente une teinte bleue très-légère. Après avoir séjourné quelque temps dans ce bain, l'étoffe est exprimée ou tordue, puis placée dans le bain du blanchiment.

Ce dernier est placé dans un réservoir en bois, à fermeture étanche, et se compose d'une solution d'hydrosulfite de soude fraîchement préparée, d'une densité de 1,007 à 1,030, suivant les besoins. On ajoute par litre de solution 5 à 20 centimètres cubes d'acide acétique à 50 $^{0}/_{0}$, exempt d'acides minéraux et on mélange bien le tout, puis on y plonge les fils ou les tissus et on ferme e réservoir, afin d'empêcher l'entrée de l'air. L'indigo, qui était simplement adhérent à l'étoffe, est réduit et transformé en indigo blanc et absorbé sous cette forme soluble par les fibres, tandis que l'acide sulfureux dégagé par l'hydrosulfite sert à produire le blanchiment. Lorsque cette opération est terminée, ce qui arrive, suivant la nature des fibres, au bout de douze à vingt-quatre heures au plus, et quelquefois moins, on retire du bain une prise d'essai qu'on ave à l'eau et qui doit être d'un blanc pur avec un reflet bleuâtre. On enlève alors l'étoffe, on la laisse égoutter et on l'expose à l'air. L'indigo blanc se retransforme en indigo bleu et produit un azurage complétement pur de fibres. Lorsqu'on emploie des bains de blanchiment concentrés, il est bon de traiter ensuite l'étoffe par une solution de soude cristallisée à 0,5 ou 1 $^{0}/_{0}$. On rince ensuite soigneusement l'étoffe dans une eau courante, on la fait égoutter et on la sèche à l'air ou dans une étuve chauffée à 30 ou 35 degrés.

On peut aussi placer les fils ou tissus imprégnés de poudre d'indigo dans le bain de blanchiment et n'ajouter l'acide acétique qu'après, en retirant d'abord naturellement les produits à blanchir. Toutefois, on perd de cette façon un des avantages de l'emploi de l'acide acétique ; ce dernier n'a pas seulement pour but de retenir sur les fibres l'indigo blanc qui se forme, mais il empêche aussi le bleu d'indigo, qui n'a été déposé que mécaniquement, de se séparer de l'étoffe. On peut se convaincre aisément de cette influence de l'addition de l'acide en délayant de l'indigo en poudre fine dans de l'eau pure ; l'eau reste teinte en bleu pendant très-longtemps ; mais si l'on y ajoute un peu d'acide acétique ou d'acide chlorhydrique, tout l'indigo se précipite rapidement.

Pour le blanchiment des laines non filées, on ajoute l'indigo au bain d'hydrosulfite même, on plonge la laine après un quart d'heure dans le bain et l'on ajoute, après une demi-heure et lentement la quantité nécessaire d'acide acétique dilué (10 parties d'eau pour 1 d'acide), sans retirer la laine. L'opération marche ensuite comme précédemment.

Si le produit blanchi n'est pas encore complétement blanc, on le place une seconde fois dans un bain de blanchiment sans le bleuter de nouveau ; on peut se servir à cet effet d'un vieux bain auquel on a ajouté de l'acide chlorhydrique. On essaye d'abord si ce bain, traité par du chlorure d'argent fraîchement précipité, réduit de l'argent métallique, et si l'acide chlorhydrique en sépare du soufre ; lorsque ces deux réactions se produisent, cela dénote que le vieux bain contenait encore de l'acide hydrosulfureux. Dans le cas contraire, on ajoute au bain 1/10 ou 1/4 de la quantité d'hydrosulfite employée d'abord et on y plonge les produits à moitié blanchis, ou bien aussi les produits fraîchement bleutés ; on les laisse séjourner dans le bain jusqu'à ce que l'hydrosulfite soit entièrement transformé en sulfite. On les retire ensuite et, après avoir ajouté au liquide assez d'acide chlorhydrique pour que l'on sente nettement l'odeur de l'acide sulfureux, on les replonge dans le bain, afin de les blanchir à fond. La première immersion fixe l'indigo sur les fibres et la seconde correspond à l'ancien procédé de blanchiment par l'acide sulfureux.

Avec les laines non filées, on peut employer un bain plus concentré (densité 1.040 à 1.044) et sans addition d'acide acétique. Ce bain, qui ne renferme,

après qu'on s'en est servi, que du sulfite de soude, peut être régénéré, en y ajoutant de l'acide chlorhydrique jusqu'à ce que le liquide répande une forte odeur d'acide sulfureux, puis du zinc métallique.

Quand on a à traiter une laine de teinte jaune, on remplace le sel de soude par de l'hydrosulfite de chaux. Le sel de soude se prépare en ajoutant du zinc métallique à une solution de bisulfite de soude, en fermant le vase et en remuant de temps en temps ; au bout d'une heure environ, on décante le liquide clair et on le verse directement dans le bain de blanchiment. Pour obtenir l'hydrosulfite de chaux, on ajoute au liquide précédent du lait de chaux jusqu'à ce que la liqueur présente une réaction légèrement alcaline ; on fait alors un bain d'une densité de 1 à 1.02 et on y plonge la laine immédiatement, sans la bleuter au préalable à l'indigo. Après le blanchiment, on lave la laine, on la traite par l'acide acétique dilué, puis on la lave encore une fois à l'eau.

Si la laine présentait un aspect verdâtre, on la plongerait dans un bain d'acide chlorhydrique ou sulfurique extrêmement dilué, ayant simplement la saveur acide. Si la teinte était violacée ou rougeâtre, on ferait passer la laine dans un bain contenant une matière colorante capable de donner la nuance voulue. On peut augmenter, dans une certaine mesure, la quantité d'indigo, pour obtenir des nuances spéciales.

Pour la soie, les bains de blanchiment doivent être moins concentrés que pour la laine ; le degré de concentration dépend d'ailleurs de la coloration plus ou moins forte de la substance à blanchir. Cette méthode s'applique également à la laine mélangée de soie, aux toiles, au chanvre, au coton, au bois et à la paille ; la durée de l'opération diffère seule.

D'après des essais faits à Mulhouse, le blanc laisse un peu à désirer, et on est obligé de recourir au rouge et au violet d'aniline pour le bonifier.

DESSIN INDUSTRIEL.

Dans son rapport sur l'Exposition du Cinquantenaire de la Société industrielle de Mulhouse, M. Schneider s'exprimait ainsi :

« Les rapports les plus intimes unissent l'art du dessinateur aux destinées » mêmes de l'industrie des toiles peintes ; aussi les œuvres exposées témoi- » gnaient-elles dans tous leurs genres des traditions d'un goût à la fois sobre et » exquis qui leur assure sur leurs émules une incontestable supériorité. S'il » était nécessaire d'appuyer cette assertion sur une preuve irrécusable, ne » suffirait-il point de rappeler les nombreuses commandes qui leur viennent du » dehors, les emprunts continuels faits à leurs dessins, voire même le coupable » sans-façon avec lequel les fabricants étrangers copient leurs meilleures » œuvres. »

Ces lignes s'appliquent aussi bien à l'Exposition de Mulhouse qu'à celle des dessinateurs de toiles peintes au grand tournoi du Champ-de-Mars de 1878. Car, la grande majorité des exposants était composée d'Alsaciens, élevés dans le grand centre industriel de Mulhouse et qui, plus tard, vinrent se perfectionner dans la ville de goût par excellence, dans la cité non-seulement des beaux arts proprement dits, mais des beaux-arts appliqués à l'industrie et surtout à celle des toiles peintes.

Ce que nous avançons là est tellement vrai, qu'aujourd'hui encore, c'est Paris et Mulhouse qui fournissent les dessins de toiles peintes à tout l'univers, depuis le modeste dessin à une couleur, jusqu'à la véritable peinture de meu-

bles qui comporte des centaines de nuances différentes; c'est à Paris, et toujours à Paris, que l'on s'adresse pour avoir du beau et surtout du nouveau. Aussi, les grands centres manufucturiers, comme Lyon, Rouen, etc., cherchent à développer dans leur milieu le goût artistique par la fondation de musées, d'écoles de dessins, etc., etc., et nos rivaux en industrie ont tellement bien compris l'incontestable utilité de ces institutions qu'ils font des dépenses considérables dans ce but.

Les résultats n'en sont pas immédiats et ne peuvent l'être, mais en cela, comme en toutes choses, il faut savoir semer pour récolter. Nous en avons un exemple frappant sous les yeux. La Société industrielle de Rouen, à l'imitation de celle de Mulhouse, a fondé depuis quelques années un musée de dessin industriel. L'utilité de ce musée, encore un peu primitif quoiqu'il contienne déjà près d'un demi-million d'échantillons, échappe encore à la plupart des intéressés qui sont cependant convaincus du rôle important que joue l'art industriel dans la toile peinte. Il y a déjà quelques années que les Anglais ont fondé leur musée industriel de Kensington. Manchester, Glascow, Dublin ont des établissements analogues.

Berlin, et l'Allemagne en général, à la suite de l'Exposition de Philadelphie, a compris qu'il n'était pas suffisant de produire à bon marché (1), mais qu'il fallait encore que les œuvres fabriquées dans ces conditions eussent ce cachet de bon goût, d'originalité, de nouveauté qui fait le mérite et le succès de l'article dit de Paris. Aussi, malgré l'état de ses finances, qui est loin d'être brillant, cette ville a décidé la création d'un musée industriel et a, à cet effet, voté un demi-million de francs. C'est un exemple que tout centre manufacturier devrait imiter. Et nous devons ajouter que si les Allemands ont pu trouver des sommes considérables pour faire œuvre de destruction, ils ont reconnu qu'il valait mieux stimuler le génie de la création, surtout quand celle-ci s'applique à l'amélioration de l'ouvrier et au bien-être général de tous.

La supériorité de nos artistes français, j'entends par là les dessinateurs de Mulhouse aussi bien que ceux de Paris, est tellement reconnue, que les fabricants étrangers viennent chaque année puiser chez eux les renseignements qui les mettront sur la voie de la nouveauté. Ainsi Paris seul compte, d'après les documents officiels, et nous les croyons au-dessous de la vérité : 324 ateliers de dessinateurs industriels (dans ce nombre sont comptés quelques dessinateurs de machines); quelques-uns d'entre eux occupent jusqu'à 30 et 40 finisseurs : l'on peut ainsi se faire une idée de l'importance qu'a le côté artistique dans l'industrie.

Les nouvelles couleurs vapeur ont permis aux dessinateurs de se livrer à toutes les fantaisies imaginables, et depuis l'invention de l'alizarine artificielle et l'application de beaucoup de couleurs qui sont relativement assez solides, le dessinateur peut donner libre cours à son imagination.

Nous ne pourrons relater ici toutes les merveilles de goût que l'Exposition nous a prodiguées. Nous citerons seulement quelques-uns des principaux exposants pris au hasard : nous remarquons *Gattiker*, avec ses superbes spécimens destinés à la soierie ; — *Abend, Grosrenaud, Lafon*, qui ont exposé les fables de La Fontaine, formant sujet de meuble, pour rouleau ; des spécimens pour tapis, un sujet verdure avec fougère, bégonia, colibris, etc. — *Thurner*, une pêche dans un parc au fond duquel on voit un château. — *Tétrel*, des dessins genre ancien. — *Senay*, des dessins cachemires. — *Chouquet* et *Demarle*, des indiennes, cravates, de la soierie. — *Béchard*, des genres courant; — *Boucherat*,

(1) Voir le rapport très-intéressant de M. Reulaux, dont la conclusion textuelle est : *billig aber schlecht* : bon marché, mais mauvais.

Moureau et *Nifeneker*, de splendides dessins pour meubles; ce dernier cultive avec un égal succès le dessin et la peinture, et le Salon nous fait voir chaque année ses progrès. — *E. Muller*, des éventails. — *Libert, Dopf*, de splendides panneaux pour ameublement; — *Schermer-Malaine, Benguerel* et *Barbier*, que nous avions déjà vu à l'Exposition de Vienne, de charmants petits dessins fouillis pour robes, chemises; — *Petit, Bausonnier, Gérardin, Rhem* et *Garnache*, toute une pléïade qu'il serait fastidieux d'énumérer. — Une heureuse innovation a été faite : je veux parler de l'admission aux récompenses des collaborateurs où nous trouvons encore bon nombre d'Alsaciens, parmi lesquels MM. *Schoessler, Amsler, Ravenez.*

GRAVURE.

L'impression de la toile peinte n'exige pas seulement l'artiste qui fait le dessin, le coloriste qui applique les couleurs, le mécanicien qui construit l'outillage, etc. ; il faut encore le concours d'un autre facteur qui est, lui aussi, un artiste : c'est celui du graveur. La gravure a eu, suivant les époques et les perfectionnements apportés à l'industrie de l'indienne, des phases caractéristiques. Jetons un rapide regard sur le passé de cet art, sur ses moyens d'exécution et sur les nombreuses transformations qui se sont produites dans cet auxiliaire de la toile peinte.

La gravure en creux aussi bien que la gravure en relief, étaient connues des anciens : témoins les inscriptions monumentales, les impressions cunéiformes des Babyloniens et les monnaies antiques. Le premier emploi pratique de la gravure serait l'empreinte, d'après M. Buquet (1). Dès 1425, les graveurs sur bois ou xylographes gravaient la *Bible des pauvres;* ils en tiraient des épreuves au moyen du frottement. On cite un *Saint Christophe* gravé en Allemagne en 1423, et un *Saint Bernard* gravé en France en 1445, par Milnet. Ce serait en Occident qu'il faudrait rechercher la véritable origine de la gravure servant à l'impression, car les premiers livres imprimés datent de 1445 pour l'Allemagne et de 1470 pour Paris.

Dès le XVIe siècle, l'art du tailleur sur bois était arrivé à son apogée, mais il redescendit pour ne reprendre une place importante que vers 1832. Aujourd'hui, plusieurs méthodes, étrangères les unes aux autres, sont employées pour la gravure des planches. La plus ancienne, celle connue sous le nom de *pointe d'épargne*, s'exécutait à l'aide d'une petite lame emmanchée avec laquelle on découpait en relief sur bois de fil les dessins. Puis vint la gravure en camaïeu, pratiquée vers 1500 ; elle s'exécutait au moyen de trois planches, l'une portait le trait, la deuxième les demi-teintes, et la troisième les ombres. C'est ce procédé qui fut employé sous Louis XIII pour la confection des toiles peintes à usage de tapisserie. Cette fabrication était encore en usage en 1746, mais les couleurs qui étaient à l'huile ou à l'eau, manquaient de solidité. Les genres exécutés par ce procédé se fabriquaient à Paris, à Marseille, à Versailles et à Orange.

C'est en 1736, que Beaulieu décrivit pour la première fois, les procédés d'impression des toiles, procédés qu'il avait eu l'occasion d'étudier à Pondichéry. Plusieurs fabriques d'indiennes se montèrent, entre autres, Frey de Genève qui s'établit près de Rouen; Pouchet à Bolbec ; Pierre Roger à Déville, etc. Les

(1) Voir *Bulletin de la Société industrielle de Rouen*, année 1875, page 152.

graveurs sur bois, imaginèrent alors de planter sur les bois des lamelles de cuivre façonnées de manière à obtenir des contours fins et ne s'engluant pas de couleur. Un procédé analogue où le graveur proprement dit ne joue aucun rôle, mais qui a pu lui donner l'idée de mettre des lamelles de cuivre, est celui employé par les Javanais.

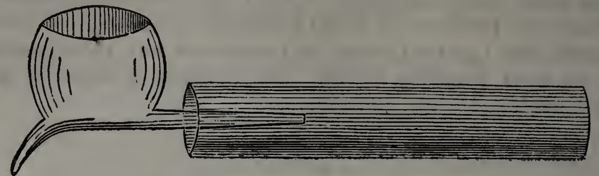


Fig. 6. — Réservoir pour imprimer les battiks.

Pour imprimer leurs batiks ou pagnes, ils emploient deux moyens très-distincts : 1° un genre de réservoir, ayant la forme et la grandeur d'une pipe, auquel est adapté un manche; au-dessous de ce réservoir se trouve un ou plusieurs orifices. La couleur est mise dans ce réservoir et s'écoule par ses orifices; l'imprimeur est obligé de suivre, d'après un tracé fait préalablement sur papier ou de dessiner à volonté sur le tissu, au hasard de son imagination (fig. 6).

L'autre procédé, qui se rapporte à ce que nous avançons, consiste à plonger une sorte de planche dans le bain de cire ou de résine qui forme la réserve, puis de l'appliquer sur le tissu. C'est cette planche qui est construite d'une façon fort originale. On prend une lamelle de cuivre rouge assez longue pour reproduire une partie entière du dessin ; cette lamelle est ployée selon les exigences et les caprices du dessin à reproduire; puis ses diverses lamelles sont soudées à champ sur une pièce métallique qui fait fonction de planche. Pour mieux expliquer ce genre de planche, supposons un fer à repasser, sur le plat duquel nous souderions à champ des lamelles de cuivre diversement ployées (fig. 7).

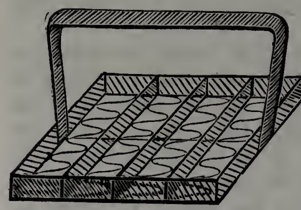


Fig. 7. — Planche à battik.

Ces lamelles, d'une largeur de 4 à 6 millimètres, forment le dessin ; d'abord, on plonge dans un bain de cire chaude, puis on reporte ces planches sur le tissu ; la cire s'écoule à l'endroit où il y a des lamelles. Cette partie cirée constitue la réserve, et la partie blanche devient par la teinture le fond de la toile.

Le croquis (pl. VII, fig. 6) que nous avons relevé sur une des planches exposées dans la section des colonies néerlandaises, reproduit un dessin de ce genre. Ces planches, où tous ces picots sont soudés à une plaque de cuivre, sont faites avec une extrême habileté, et quoique les moyens employés soient des plus primitifs, je crois que pour obtenir une planche pareille en Europe, il en coûterait beaucoup plus que pour l'exécuter par nos moyens. Il est vrai d'ajouter que ces modèles constituent en quelque sorte, une partie du mobilier de chacun; car, à Bornéo, Java, etc., chaque ménagère imprime, tant pour elle que pour toute sa famille, les indiennes nécessaires à leur consommation. Cependant depuis que les Hollandais sont arrivés à produire les battiks mécaniquement, et par conséquent à bas prix, il s'en fabrique beaucoup moins dans les Indes.

Le travail fait par nos graveurs est aujourd'hui analogue ; seulement ces lamelles sont forcées dans le bois de la planche à imprimer. Divers autres procédés ont remplacé le travail duquel nous venons de parler. Le polytypage inventé en 1835, puis la gravure stéréotype, qui date de 1838 ou 1840, et qui

se faisait au moyen de moules en plâtre. La grande vogue de la perrotine mit ces procédés en faveur; mais ce fut surtout le polytypage qui prévalut. Par ce moyen, on trace dans une planche de tilleul, avec une lame de platine chauffée au blanc par le gaz, les contours du dessin, dont on relève ensuite les clichés en métal. Ces clichés faits en alliages divers sont reproduits autant de fois que le rapport du dessin l'exige.

La gravure en relief a considérablement perdu depuis la grande extension qu'a prise l'impression au rouleau. Cependant, on fait encore quelque peu de ces gravures pour les rentrures ajoutées après coup au rouleau.

La gravure en creux sur métal, imaginée, d'après M. Buquet, par les graveurs de nielles florentines, s'exécute au burin, à l'eau forte, à la manière noire ou à l'aqua-teinte. C'est à Jacques Callot que l'on doit d'avoir remplacé le burin par l'eau forte. Vers le milieu du XVIII[e] siècle, la gravure en creux servit à l'impression des étoffes au moyen de la machine dite planche plate. Le rouleau ayant détrôné la planche plate, les graveurs, de main ou à la main, durent exécuter sur une surface courbe les travaux qu'ils exécutaient sur planche. Après la gravure à la main, vint la gravure au poinçon ou au balancier; puis vint la gravure au poinçon mollette, due à l'américain Perkins. Peu après en 1808, l'anglais White imagina le tour à guillocher; enfin, la machine à graver à la molette roulette qui date de 1820. C'est ce dernier procédé qui est le plus en usage actuellement.

On employa aussi, vers 1850, le pantographe; mais cet appareil eût peu de succès en France; il est cependant encore très-employé en Angleterre, où certains ateliers en font fonctionner jusqu'à douze et tous menés par des femmes. Quoique l'art de la gravure ait paru rester stationnaire depuis 1867, de nombreux progrès ont cependant été réalisés. On devient en général plus expéditif par suite de l'emploi de beaucoup de petits moyens qui, pris à part, paraissent présenter peu d'utilité, mais dont l'ensemble, pour le graveur intelligent et habile, facilite considérablement la tâche.

Voici, *grosso-modo*, les diverses opérations qui constituent la gravure à la molette. — La première opération consiste à reproduire en creux par le burin, le dessin à graver. Cette opération, faite spécialement par le graveur, et de laquelle dépendent les opérations suivantes est une des plus délicates, elle se fait sur un cylindre d'acier adouci et d'excellente qualité. Ce cylindre, appelé *molette*, répond par sa circonférence à la hauteur du dessin à reproduire, et est en rapport avec les dimensions du rouleau destiné à l'impression. La molette terminée est trempée, puis reproduite en relief au moyen de la machine à relever, sur une deuxième molette dite *relief* également en acier adouci; celle-ci à son tour est trempée, puis elle sert à reporter sur le rouleau l'empreinte qu'elle porte, et qui formera le creux de la gravure. C'est par la machine à molleter que se fait cette opération.

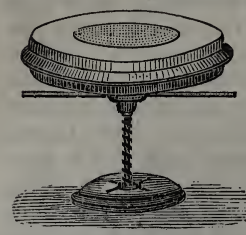
De nombreux appareils servent à la préparation, au polissage, tournage, brunissage des molettes, des rouleaux, sans compter les machines dites à guillocher, à tracer, à diviser, à couper les hachures, à tracer les molettes, marquer les hachures sur molettes, à diviser les molettes, à mastiquer les rouleaux, à ronger, etc., etc. (1).

L'Exposition a été très-sobre d'appareils de ce genre, qui sont en majeure partie construits (par M. Ducommun), à Mulhouse, et par quelques maisons anglaises. Nous n'avons guère remarqué que les spécimens de MM. Landa, Plain, Schmautz, et des échantillons de toutes sortes exposés par M. Feldtrappe de Paris; nous

(1) Voir le rapport de MM. Kopp, in *Moniteur scientifique* du D[r] Quesneville, novembre 1878.

reviendrons à ce sujet sur les gravures obtenues par la combinaison de la photographie et de la gravure.

Il nous reste à mentionner les inventions et applications nouvelles produites dans cette dernière période. Nous commencerons par un petit appareil qui figurait à l'Exposition, qui nous paraît devoir être signalé. C'est le pantographe circulaire de Guérin. Etant donné un dessin, il arrive souvent que les rouleaux sur lesquels ce dessin doit être reproduit, sont ou trop grands ou trop petits; s'ils sont trop grands, il y a une perte considérable de métal pour les amener au diamètre voulu; trop petits, le dessin doit être redessiné, ce qui occasionne une perte de temps et n'est fait souvent qu'imparfaitement pour des dessins très-délicats : on a à cet effet employé la chambre noire, mais l'appareil ci-dessus, très-peu coûteux, permet d'augmenter ou de diminuer instantanément tout dessin (fig. 8).


Fig. 8. — Pantographe de Guérin.

L'appareil se compose d'un disque en caoutchouc formant tambour. On peut, au moyen d'une vis qui se trouve placée au-dessous du disque, agrandir jusqu'à un maximum indiqué par la barre placée au-dessous de l'appareil. Que l'on veuille diminuer un dessin, on étend le disque de caoutchouc, jusqu'à ce que la circonférence du petit disque vienne à un centimètre des bords du plateau; on fait le décalque du dessin sur le caoutchouc, en tamponnant légèrement le verso du motif à diminuer, puis on laisse le caoutchouc se retirer jusqu'à la proportion voulue, et alors on relève le dessin formé. Pour agrandir un dessin, on fait l'opération inverse.

Ce procédé a beaucoup d'analogie avec le procédé Loir, qui permet également la réduction ou l'agrandissement des dessins, planches, cartes, etc. (1).

M. Berthoud de Vesserling a appliqué la lumière solaire pour faciliter les corrections d'un dessin avant que la gravure en soit terminée. A cet effet, il place son décalque à l'instar d'un négatif photographique sur la surface d'un papier sensibilisé au prussiate rouge et l'expose ensuite dans un châssis-presse, à l'action de la lumière solaire; il tire plusieurs épreuves qu'il juxtapose à l'écartement des rapports : de cette façon, le graveur peut se rendre compte des alignements du dessin et faciliter les corrections (2).

Un procédé relatif à la morsure galvanique de l'acier est basé sur le principe de l'électrode soluble, et a l'avantage de préserver les ouvriers du danger des vapeurs nitreuses. La molette à graver, préalablement recouverte d'un vernis au bitume de Judée, dans lequel sont tracés au diamant les sillons à creuser, est fixée au pôle positif d'une pile de Grenet ou de Daniel, puis plongée dans un bain d'eau acidulée par l'acide nitrique à 3 ou 4 degrés Baumé. On peut par ette méthode obtenir une gravure très-profonde.

Signalons encore un autre procédé de morsure, dû à M. Erkmann. L'emploi de l'acide nitrique a l'inconvénient de dégager des vapeurs nitreuses, et outre ce désagrément, le dégagement de gaz soulève la couche protectrice dans le voisinage des parties mordues, il en résulte une attaque du métal sous-jacent et par suite une gravure moins nette; l'acide chromique ne présente pas cet inconvénient; l'attaque est plus lente, mais l'opération n'est pas incommode et la gravure plus nette.

On prépare l'acide de la façon suivante : on dissout 150 grammes de bichromate de potasse dans 800 grammes d'eau chaude, et l'on y ajoute 200 cent.

(1) Voir in *Bulletin de la Société industrielle de Rouen*, 1877, page 409.
(2) Voir *Bulletin de Mulhouse* année 1876, p. 8 de l'annexe.

cubes d'acide sulfurique à 66 degrés. Je ne fais ensuite que citer (1) le procédé de gravure de M. Riond, l'habile graveur de la maison Leitenberger de Cosmanos; ce procédé permet de supprimer entièrement l'emploi des mille-points et canevas pour tracer les dessins sur molettes.

Les progrès considérables qu'a faits la photographie depuis ces dernières années, nous obligent à en dire quelques mots; et nous espérons que bientôt la toile peinte profitera de cette merveilleuse découverte. On sait que Poitevin, ingénieur français (2), remarqua qu'un mélange de gélatine et de bichromate de potasse, exposé à la lumière, devient insoluble dans l'eau chaude; si donc on dépose sur une glace une couche assez mince de cette gélatine, et qu'après dessication on l'expose à la lumière derrière un négatif, la gélatine devient insoluble à des profondeurs plus ou moins grandes, selon l'intensité lumineuse plus ou moins grande qui l'aura frappée. Traitée par l'eau chaude, cette plaque de gélatine deviendra analogue à ces lithophanies qui, par des différences d'épaisseur, produisent par transparence les effets du dessin.

Desséchée, l'épreuve unie est très-dure, tout en accusant le dessin par des reliefs; si l'on comprime alors cette feuille de gélatine entre deux plaques, l'une d'acier, l'autre formée d'un alliage d'antimoine et de plomb, celle-ci se laissera pénétrer et prendra en creux l'empreinte du relief que présente la feuille de gélatine; la même feuille peut donner un très-grand nombre d'épreuves de cette nature.

Voici maintenant comment on opère pour l'impression sur papier; nous allons voir tout à l'heure les tentatives faites pour l'impression sur tissus :

La plaque métallique ainsi obtenue (gravée en creux), est alors placée sous une presse à vis; on verse dessus sans autre précaution, une certaine quantité d'une solution de gélatine teintée; une feuille de papier est appliquée par dessus, et, par l'action de la presse, l'excès de gélatine est expulsé; il reste alors sur le papier une couche dont les différentes épaisseurs correspondent aux creux de la plaque et donnent les teintes diverses qui constituent l'image définitive. Un certain nombre de presses sont placées sur une table tournante, qui fait passer devant l'ouvrier toutes les presses successivement. L'image a eu le temps de sécher quand elle revient à l'ouvrier.

Passons maintenant aux essais tentés en vue de l'application sur tissu.

Si, sur la glace gélatinée et rendue insoluble et, bien entendu, ayant été insolée, nous mettons de l'encre grasse dans le genre de celle employée pour l'imprimerie, qu'arrivera-t-il? les creux prendront beaucoup d'encre et les blancs n'en prendront pas. Plaçons un tissu sur cette plaque ainsi encrée et en imprimant comme on imprime en lithographie, nous obtiendrons une épreuve sur tissu; mais l'encre ne tient pas, il nous faut non pas une couleur, mais plusieurs couleurs; si à de l'albumine *épaissie convenablement*, on incorpore des substances insolubles, on obtient des couleurs avec lesquelles on peut imprimer et qui passées par l'eau bouillante ou vaporisées donnent des couleurs absolument solides.

L'impression se fait comme à la planche plate ou la perrotine; pour la faire d'une façon continue, comme le rouleau, il faudrait pouvoir adapter ces plaques autour d'un cylindre et imaginer un moyen de fournir la couleur convenablement. Je ne doute pas qu'avec le temps, ces essais ne produisent des résultats, doublement sérieux : 1° En ce qu'ils permettront d'obtenir des effets de finesse inconnus jusqu'à ce jour et avec beaucoup de rapidité; 2° qu'ils supprimeraient

(1) Voir *Bulletin de Mulhouse*, année 1878, p. 355.
(2) Voir la notice de M. Dumas, dans le *Bulletin de l'Association amicale des anciens élèves de l'École Centrale* (Paris, 1878).

une partie du matériel d'impression, c'est-à-dire les rouleaux en cuivre, dont la valeur représente un capital considérable, immobilisé, et qui, par la suite, viendrait s'ajouter au capital de roulement.

Je viens de traiter de photographie appliquée à la toile peinte, et non de photogravure. Cette dernière branche de la photographie est arrivée aujourd'hui à un très-haut degré de perfection (1), et elle offre à la photographie et à l'impression en taille douce d'immenses ressources; mais le prix de revient en est encore très-considérable (environ 50 centimes le centimètre carré, ce qui ferait pour un rouleau ordinaire de $0^m,82$ de largeur de gravure, et d'un diamètre de $0^m,17$, près de 2200 francs de gravure (2). Outre ce prix de revient inabordable, il y a encore une foule d'autres raisons, telles que le manque de support pour la râcle, l'inégalité de dépôt, la variété des couleurs, la nécessité d'une impression rapide, etc.

Toutes ces considérations me portent à croire que ce sera plutôt la photographie modifiée telle que je l'indiquais dans quelques essais qui ont été tentés, qui pourra servir de point de départ; plutôt, dis-je, que la photogravure qui, outre les difficultés signalées, restera, malgré tout, une œuvre d'artiste et non un travail purement mécanique.

APPRÊTS.

De toutes les opérations auxquelles un tissu est soumis avant sa mise en vente, l'apprêt est certainement une des plus importantes, et l'on peut dire qu'il y a aujourd'hui autant de genre d'apprêts que de genres de tissus, sinon plus, car il arrive souvent qu'un même tissu, soit blanc soit imprimé, est traité comme apprêt de divers genres, très-différents les uns des autres.

L'Exposition de 1878, ne nous a pas surpris par ses variétés d'apprêts; ajoutons de suite qu'à part Tarare, Saint-Quentin, l'ensemble des apprêts tant en blanc qu'en couleur n'a rien présenté de particulier.

Il faut avouer que, malgré quelques efforts sérieux tentés en Normandie, c'est encore en Alsace que les apprêts se font avec le plus de variété et le plus de soin. Aussi, malgré des droits d'entrée élevés, les apprêts garnis pour *madapolam*, *blanc chiffon*, *blanc mat*, continuent-ils à être importés en France, et ce, quoique nous ayons des établissements similaires, créés depuis un certain temps déjà.

Je ne puis entrer dans le détail de tous les genres d'apprêts; aussi ne vais-je indiquer que les principaux. En France, les blancs se livrent généralement sous les formes suivantes : *blanc d'Algérie*, *blanc chiffon* et *blanc ménage*. Ces trois espèces de tissus blancs sont blanchis de la même façon, mais apprêtés fort différemment. Les blancs dit d'Algérie s'apprêtent soit en chiffon, soit cylindrés. Le chiffon doit être séché à l'air et bien fripé quand il est livré. On fait plusieurs espèces de chiffons : le chiffon simple et le chiffon soutenu; celui-ci reçoit un peu d'apprêt, qui lui donne plus de main.

L'apprêt Algérie cylindré est séché au séchoir, puis apprêté et cylindré, suivant la force du tissu; on prépare dans ce genre des calicots, des croisés, des brillantés, des cretonnes, des longottes, etc., etc.

Les apprêts pour blanc *ménage* se divisent en :

(1) Voir l'Étude sur la photogravure par O. Bentz, in *Bulletin de la Société industrielle de Rouen*, 1876, p. 302.

(2) En admettant que l'on puisse obtenir une surface cylindrique, aussi bien qu'une surface plane.

Blanc naturel; blanc fleur simple; blanc fleur soutenu. — Le blanc naturel est tel que son nom l'indique, sans préparation aucune. Le fleur simple reçoit un léger azurage. Le fleur soutenu reçoit un apprêt qui ne doit pas être apparent et doit laisser au tissu le toucher souple de celui qui n'est pas azuré, tout en lui donnant plus de force, de main et de poids.

Il se fait encore un autre apprêt pour le blanc : c'est l'apprêt au thaô; et l'Exposition nous a fait voir de forts jolis spécimens de ce genre exposés par M. Daliphard et Heilmann, de Rouen, qui, croyons-nous, sont les seuls à le faire.

Il y a aussi ce qu'on appelle les triplures dans les divers genres de blancs. Ce genre est principalement destiné à garnir les devants de chemises, les manchettes et les faux-cols; et enfin un autre genre dit moiré.

Dans la toile peinte, les apprêts actuellement employés sont l'apprêt « mat » qui est le plus simple, puis l'apprêt *cylindré*, enfin l'apprêt *glacé*, qui n'est guère employé; on a encore, surtout en Alsace, où l'on a su conserver la supériorité pour ces apprêts, les apprêts brisés obtenus au moyen de rames. Dans ce mode de préparation du tissu, soit blanc soit imprimé, on cherche à empeser le fil et à sécher l'encollage, de façon à ce que la trame et la chaîne ne soient point adhérentes l'une à l'aure. En réalisant ces conditions, on obtient un tissu dont les plis s'arrondissent parfaitement et prennent en se drapant beaucoup de la souplesse et de l'élasticité de la laine (1).

Ces apprêts imités de Saint-Quentin et Tarare, sont ceux que l'on donne aux organdis, jaconas, etc., et que l'on désigne sous le nom de *linon*, *batiste*, *apprêt élastique*.

C'est au mode spécial de séchage par les rames, qu'est dû cet apprêt particulier. Les apprêts non séchés à la rame, ont tous la même base; le tissu est empesé, puis plus tard interviennent des appareils qui modifient complétement l'aspect et le toucher.

Dans l'apprêt mât, on enroule simplement. L'apprêt cylindré s'obtient par des rouleaux de papier ou de bois superposés et donnant par la pression, un glaçage qui rend le tissu lisse; il y a des cylindres chauffés avec des fers rouges, du gaz ou de la vapeur d'eau. Un appareil tout nouveau, la *machine à beattler*, que l'on appelle aussi *maillocheuse*, donne un apprêt soyeux.

Enfin les apprêts moirés qui s'obtiennent par quatre procédés différents :

1° On fait passer entre deux cylindres, deux pièces de même tissu superposées; 2° on enroule la pièce sur elle-même et on la soumet à une forte pression en la posant sous une caisse fortement chargée, telle est la mangle; 3° on gaufre au moyen d'un milleraie sous lequel pénètre la pièce qui a reçu un mouvement de va et vient; et enfin, 4° l'apprêt gaufré qui se donne au tissu, en soumettant celui-ci à l'action d'un rouleau gravé représentant la moire, que doit avoir le tissu.

Il existe encore d'autres apprêts imitant la soie et que l'on nomme pour cela apprêt *foulard* et apprêt *satin*, puis celui dit *triplure* et *barre de fer*; de remarquables échantillons étaient exposés par M. Tausin de Saint-Quentin et Caron d'Arcueil; ce dernier avait exposé des apprêts contenant 140 % du poids du tissu et des apprêts nouveaux dits *caoutchoucs*.

(1) Voir *Bulletin de Mulhouse*, note de M. Rosenstichl, 1877, page 37, annexe.

MACHINES ET APPAREILS EMPLOYÉS DANS LA TOILE PEINTE ET LA TEINTURE EN GÉNÉRAL

Si la chimie joue un grand rôle dans la production des couleurs, dans le blanchiment, les apprêts, etc., il n'en est pas moins vrai que la mécanique chargée d'accélérer la production, de la rendre économique, plus régulière que la main de l'homme, joue, elle aussi, un rôle non moins important. Aussi, la description de tous les appareils employés nécessiterait des volumes et nous sortirions des limites qui nous sont imposées; nous n'examinerons donc que les appareils principaux produits depuis 1867 et ceux qui ont figuré à l'Exposition de 1878; leur nombre est relativement considérable; aussi serons-nous obligés de n'en parler que très-sommairement.

La marche que nous allons suivre correspond à peu près à la série des opérations que l'on donne à l'indienne, et nous supposerons ne traiter que de la marchandise blanchie et prête à être fabriquée.

Un des premiers appareils que nous avons à signaler est la machine à coudre, élargir et estampiller; au moyen de cet appareil, les bouts à coudre sont assujettis par des épingles sur un tambour tournant, ce qui conserve à la pièce une tension uniforme, et le tambour passant au-dessous de la machine, donne une couture parfaitement droite. L'appareil qui fait le point de chaînette, de façon à pouvoir retirer le fil, est également muni d'une estampille automotrice, qui permet de marquer les différents genres de tissus que l'on emploie (pl. IV, fig. 6).

Cette machine n'est utilisable que pour les grandes usines, car une seule machine peut produire, avec une personne et un enfant, environ 80 pièces à l'heure. 3 machines desservies par 4 femmes peuvent coudre 360 pièces par heure, ou 3,600 pièces par jour. Les pièces blanches cousues sont alors tendues.

Nous avons déjà indiqué, page 395, l'opération que l'on faisait subir aux toiles écrues; opération ayant pour but d'enlever le duvet et qu'on appelle roussissage. Ce mode a été perfectionné et outre l'emploi de la plaque qui sert encore pour les tissus épais, on se sert de l'appareil Blanche et aussi de l'appareil de Tulpin frères, de Rouen (pl. VI, fig. 2). Quelque soin que l'on apporte au flambage ou au grillage, le tissu, après les opérations du blanchiment est encore recouvert de duvet. C'est au moyen de la tondeuse que l'on enlève ces fibres, qui dans l'impression présentent de grands inconvénients.

La tondeuse (pl. IV, fig. 4) se compose d'une lame, ou couteau, enroulée en spirale autour d'un axe animé d'une très-grande vitesse. Cette lame est placée en regard d'une lame plate de telle façon que quand un duvet quelconque vient passer près de la lame plate, la tondeuse l'enlève immédiatement. Le couteau fait environ 800 tours par minute; et une bonne tondeuse peut faire de 15 à 20 mètres par minute, soit à peu près 100 pièces de 100 mètres par jour de travail de 10 heures.

Légende de la pl. IV, fig. 4.

A. Brosse allant au rebours du sens du tissu et destinée à redresser le duvet. B. Lames de la tondeuse; ce sont ces spirales qui sont animées d'une très-grande vitesse. C. Brosse enlevant la tontisse qui a pu être restée adhérente à l'étoffe. D. Tambour enrouleur. Quelque soin que l'on apporte, le tissu n'est jamais suffisamment nettoyé; aussi allons-nous voir encore toute une série d'appareils destinés à la préparation et ayant tous pour but le nettoyage de la pièce avant l'impression.

Malgré tous les soins que l'on prend pour nettoyer le tissu, il reste encore après la tondeuse des parcelles de tontisse qui peuvent donner lieu à de graves

inconvénients pendant l'impression. C'est alors que l'on emploie la brosseuse, dont nous donnons ci-dessous une description. Après le passage à la brosseuse, les tissus sont enroulés (pl. XV, fig: 3) et sont alors propres à passer sur les machines à imprimer.

Batteuse ou battoir (pl. II, fig. 2). — Après les opérations précédentes, le duvet pénètre quelquefois dans le tissu; la batteuse a pour but de réagir sur l'étoffe pour en enlever les impuretés non adhérentes. C'est un appareil qui fait mécaniquement l'opération que l'on fait en battant un habit avec un jonc par exemple. L'appareil est très-simple. A un axe A, mû par des poulies P P′ se trouvent fixées deux roues cônes C C, lesquelles font mouvoir les contre roues D et D′; les axes sur lesquels sont fixées les roues d'angle D et D sont garnis à des intervalles convenables d'excentriques analogues à celui représenté en *m*; sur des supports S S se trouvent des anneaux mobiles auxquels sont adaptées des baguettes de bois ; et à ces anneaux sont également fixées des pièces faisant relief. Quand l'excentrique *m* vient buter dans sa partie large contre l'anneau, celui-ci fait un quart de tour, et comme la baguette suit le mouvement de l'anneau, celui-ci, abandonné à lui-même quand l'excentrique a dépassé son point maximum, revient, au moyen d'un petit ressort, à sa place primitive; pendant ce temps, la baguette agit sur le tissu et le bat très-fortement; comme l'appareil comporte 16 ou 20 baguettes, le tissu peut être considéré comme suffisamment nettoyé. L'appareil est enfermé dans une cage vitrée, de façon que les poussières n'aillent pas se déposer sur la marchandise avoisinante.

Brosseuse (pl. I, fig. 1 et 2). — Un appareil plus simple, mais non moins utile, est la brosseuse. Elle se compose de 8 brosses, dont 4 opèrent sur l'endroit et les 4 autres sur l'envers de la pièce; les brosses se meuvent un peu plus rapidement que le tissu, et par conséquent opèrent une friction assez forte pour dégager entièrement ce dernier de toute impureté. Pour obtenir un travail parfait, il faut placer les brosses de façon à ce qu'elles touchent toutes très-également la pièce et qu'aucune ne frotte plus que l'autre.

Après les opérations précédentes, il est encore nécessaire de préparer la pièce pour l'impression : il faut enlever les plis, mettre autant que possible les lisières à la même largeur et tendre la pièce sur un rouleau de façon à ce qu'elle ne cède pas plus d'un côté que de l'autre. C'est ce travail que produit l'enrouloir. Nous ne pouvons décrire tous ces appareils; disons seulement qu'on cherche autant que possible à produire avec celui-ci (outre l'enroulage), le nettoyage des machines précédentes, de sorte que les systèmes variant énormément, les uns enroulent simplement, d'autres enroulent et brossent à la fois (celui dont nous donnons le dessin et qui figurait à l'Exposition, est de ce dernier genre); d'autres enfin, brossent, battent et enroulent. A ces appareils on ajoute des vis élargisseuses, dont le croquis ci-joint représente le type le plus simple (pl. II, fig. 5). Cette vis ne peut élargir, elle enlève simplement les plis formés, et encore faut-il que ceux-ci ne soient pas produits pendant le séchage du tissu, car alors ils se forment à nouveau.

Depuis quelques années, plusieurs systèmes de vis élargisseuses ont été inventés, d'abord la vis Ducommun, composée de fragments excentriques, sur lesquels se trouvent des rainures *obliques* (pl. II, fig. 6); le tissu touche la vis au moment où les barres longitudinales sur lesquelles sont les rainures, sont le plus rapprochées les unes des autres, et la quitte au moment où elles ont atteint leur maximum d'écartement. Cet appareil rend certainement de grands services, mais nous paraît moins bon que l'appareil d'Heresfort qui diffère un peu du précédent.

L'appareil (pl. II, fig. 4 et 4 *bis*) consiste en un nombre de barres à rainures

longitudinales et de disques; ces derniers sont portés par un arbre tubulaire et commandés par une vis régulatrice ayant aux extrémités des pas de vis de droite et de gauche ; au moyen de cette vis, l'on peut régler l'étirage suivant les besoins. Les barres sont attachées aux disques par des guides en forme de T, et l'arbre tubulaire est porté par des coussinets mobiles passant par les supports de l'appareil. Un index est fixé à chacun des coussinets mobiles et les supports sont marqués avec des lettres ou des chiffres. Les index coïncident avec la partie de l'appareil où les disques diagonales sont le plus éloignés l'un de l'autre, et qui est en même temps l'endroit où l'étoffe quitte le rouleau. On n'a donc qu'à mettre les index au même chiffre des deux côtés pour s'assurer que les barres sont parallèles à l'axe de l'appareil.

Comme nous traitons en ce moment les machines à élargir, nous allons parler non-seulement de celles qui servent avant l'impression, mais encore en général de toute espèce de machines de ce genre, et l'Exposition nous en a fait voir d'assez nombreuses variétés.

Une excellente machine décrite par M. Kœppelin (1) est la machine à élargir de M. Paul Heilmann. Ce dernier a eu l'idée d'agir sur toute la largeur du tissu et d'exercer une pression qui, en distendant les fils d'une manière régulière, permet de la régler selon les besoins du moment. Cet appareil, qui sert encore à briser les apprêts, est trop connu pour que nous en donnions une description, nous renvoyons ceux qui désireraient la connaître aux notes de MM. Heilmann et Burnat, publiées dans le *Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse* (1868). Nous ne ferons également que mentionner l'appareil élargisseur Bireh, qui ne sert que pour les séchoirs.

Un autre appareil qui se rapproche, comme principe, des vis précédentes, est la machine américaine (pl. III, fig. 1 et 2). Celle-ci n'agit pas sur toute la largeur du tissu comme les vis ; elle ne prend que les lisières, mais par la traction qu'elle produit, elle force nécessairement la trame à reprendre sa position primitive, tout en donnant au tissu une largeur plus grande que celle qu'il avait à l'entrée de la machine. Elle se compose de deux excentriques d'assez grande dimension, environ $1^{m},20$ de diamètre ; le tissu est entraîné par les rainures pratiquées sur les excentriques et par suite est forcé de s'élargir. Le dessin ci-joint nous dispense d'autres explications (pl. III, fig. 1 et 2).

Un autre appareil élargisseur qui fonctionnait au Champ-de-Mars est la détireuse Marcadier. Le principe de cet appareil repose sur la traction opérée sur les lisières et forçant par conséquent la trame à prendre sa position normale, c'est-à-dire la ligne droite. C'est une machine qui fait mécaniquement ce que l'on fait à la main en étirant des tissus sur une table, par exemple ; elle est applicable non-seulement aux tissus de coton, mais aussi aux articles de Roubaix, aux lainages, aux tissus de lisse, etc. ; on peut y élargir depuis 1 centimètre jusqu'au point extrême que peut permettre la nature ou l'élasticité du tissu : elle se compose de deux espèces de taquets prenant la lisière du tissu et la forçant mécaniquement à s'étirer. — M. Bosshardt a également inventé une élargisseuse qui a certains rapports avec la précédente, et aussi avec la machine américaine de Palmer. Dans cette machine, le tissu est saisi des deux côtés par l'appareil qui opère l'élargissement d'une façon très-régulière du milieu du tissu aux lisières, lesquelles sont maintenues en parfaite ligne droite. On peut régler l'élargissement à volonté. Sa production est assez grande ; c'est même une des machines qui produit le plus : elle peut élargir jusqu'à 80 mètres par minute, et son entretien est peu coûteux ; il se borne au remplacement des

(1) Voir *Blanchiment, apprêt et teinture des tissus*, par Koeppelin, 1868, p. 35, chez E. Lacroix.

petites courroies de la partie supérieure, ce qui a lieu environ tous les 5 ou 6 mois.

MM. Pierron et Dehaitre, de Paris, et Devilder, de Cambrai, avaient aussi exposé des élargisseuses, basées sur le même principe ; ils ont appliqué la vis élargisseuse de M. Ducommun à ce genre de machine, et y ont adapté un enrouloir de façon que la tension de la machine fait agir plus efficacement la vis élargisseuse (pl. XV, fig. 2). L'appareil de MM. Pierron et Dehaitre, tout en ayant beaucoup d'analogie avec le précédent, en diffère en ce qu'il a ses lames mobiles garnies de bandes de caoutchouc (pl. XV, fig. 4). Outre l'élargisseuse précédemment nommée, M. Devilder avait encore exposé un appareil servant plutôt à assouplir et à lustrer. Le type exposé est muni d'une vis à segments pour élargir ; au devant de la vis se trouvent des hélices marchant en sens inverse du tissu et qui, par conséquent, enlèvent à celui-ci par frottement, toute espèce de côtes, plis ou boutons.

Citons encore l'élargisseuse Palmer (pl. XVI, fig. 2), dont je parlerai plus en détail à l'occasion des machines à apprêter. Cet élargisseur n'agit que sur les pièces mouillées. Enfin, l'élargisseur Cayot, employé depuis plus de quarante ans en Normandie, n'est pas pour élargir, mais pour tenir la pièce au large. Il se compose tout simplement de deux rouleaux formant entre eux un angle de 160° environ. La pièce, en passant dessus, est sollicitée à aller, non pas en ligne droite, mais la moitié vers la droite, et l'autre moitié vers la gauche.

Appareils relatifs à la préparation des couleurs. — Il nous paraît utile de signaler dans ce chapitre quelques appareils destinés au transvasement des liquides. Ces installations, excessivement simples, du reste, facilitent beaucoup le maniement des touries et évitent toute déperdition qui, outre la perte matérielle, peut encore donner lieu à des accidents plus graves. Un des appareils les plus simples est le vide-tourie suivant (pl. VII, fig. 3) : A un tréteau spécial est adaptée une planchette ; on place sur cette planchette la tourie que l'on maintient par les branches GG ; on peut alors très-facilement vider celle-ci sans craindre de répandre du liquide ou de casser la tourie.

M. Froment, de Paris, avait aussi exposé un appareil de ce genre, plus commode, mais plus coûteux, quoique basé sur le même principe. Nous avons encore vu le vide-tourie Serrin, qui nous paraît le plus commode et le plus maniable. Des explications seraient inutiles, en présence des dessins ci-joints, qui représentent le maniement complet de l'appareil : la figure 9 indique l'approche de la tourie de l'appareil ; dans la figure 10 nous voyons comment la tourie se fixe à une sorte de crémaillère ; la figure 11 indique le fonctionnement de l'appareil que l'on fait rouler sur lui-même, et enfin, la figure 12 donne la vidange complète d'une tourie.

Depuis l'application sur une large échelle de l'albumine à la toile peinte, et des coagulants en général, les matières plastiques sont devenues d'un grand emploi ; mais aussi beaucoup d'inconvénients se sont présentés par suite de cette nouvelle fabrication et, parmi eux, un des plus grands est le défaut de finesse de ces couleurs ; on y remédie par le broyage, et depuis peu d'années, toute une série d'appareils à broyer a vu le jour. Un des meilleurs appareils de ce genre est celui de Tulpin frères, de Rouen : il se compose d'un récipient en cuivre, incliné sur son axe. Ce récipient contient quelques boulets d'acier ou de préférence de bronze, et lorsqu'il tourne sur lui-même les boulets viennent broyer la substance qui est sollicitée par la pesanteur et l'inclinaison de l'appareil et, par conséquent, se déplacent fréquemment.

On s'est servi pour broyer l'indigo d'un appareil analogue, mais dont le rendement est moins bon; sur un plancher suspendu par une chaine, on plaçait deux

ou trois bassines, dans lesquelles on mettait quelques boulets. Ce plancher était mû par une manivelle et les boulets étaient, par conséquent, déplacés, ce qui occasionnait le broyement de l'indigo. On a encore employé un autre moyen, mais spécialement pour l'indigo : on mettait une meule dans une sorte de réservoir, et la friction de cette meule très-lourde pulvérisait l'indigo au bout d'un certain temps.



Fig. 9. — Approche de la tourie.



Fig. 10. — Fixation de la tourie.

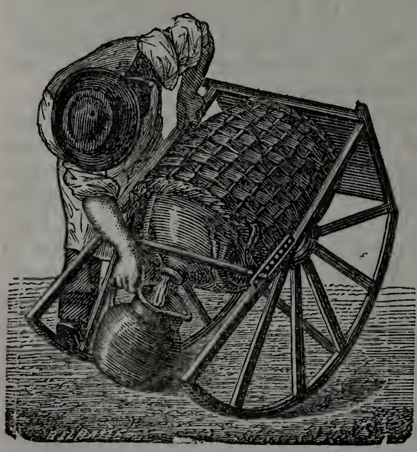


Fig. 11. — Pendant le dépotage.



Fig. 12. — La tourie est vidée.

Indiquons un autre appareil spécialement destiné aux couleurs ; mais surtout aux couleurs grasses, qui sont très-employées aujourd'hui pour l'impression des imitations d'anciennes tapisseries. Dans un réservoir se trouve un cône mû par une roue d'engrenage ; le cône est mobile et peut, par une vis fixée à la base (en V), être haussé ou baissé et par conséquent se rapprocher ou s'éloigner de la paroi où s'opère la friction. Dans le bas du réservoir, se trouve un orifice par lequel s'écoule la couleur que l'on passe jusqu'à ce qu'elle ait atteint le

degré de ténuité voulue. L'indigo, l'outremer et d'autres substances de ce genre se broient bien dans le *tonneau à boulets*, également de Tulpin. C'est une sorte de tambour dans lequel se meuvent des boulets ; ce tambour tournant sur son axe, les boulets, par leur poids, tendent à descendre et par suite, pulvérisent la matière placée dans le tambour.

MM. Pierron et Dehaitre avaient aussi exposé une broyeuse pour les encres (pl. VII, fig. 5). Cette machine est également applicable aux ocres, aux verts Guignet, outremer, vermillon, etc. ; je ne la recommanderai que pour des couleurs demandant une finesse impalpable, car si le résultat obtenu est très-satisfaisant, il faut tenir compte aussi du peu de rendement de cet appareil.

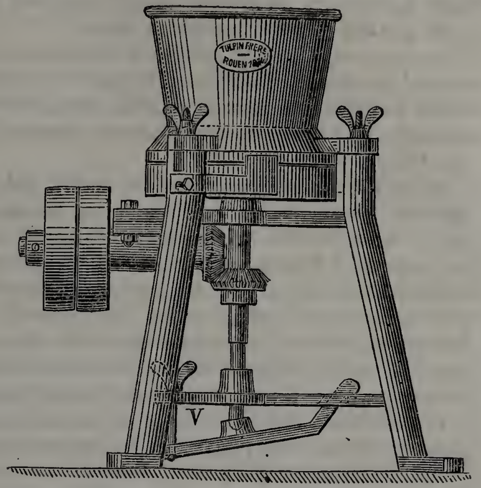


Fig. 13. — Broyeuse à cône.

La *broyeuse à deux meules* a beaucoup d'analogie avec les moulins à farine : elle sert principalement pour l'indigo, les extraits et les couleurs sèches ; elle ne peut guère être employée pour les couleurs déjà faites par suite de la grande quantité d'air qu'elle introduit dans les substances à broyer et qui, par conséquent, faciliterait le moussage qui est un des grands inconvénients de l'impression et que l'on cherche le plus à éviter.

Le *broyeur à boulets* permet d'obtenir, suivant qu'il travaille à sec ou avec

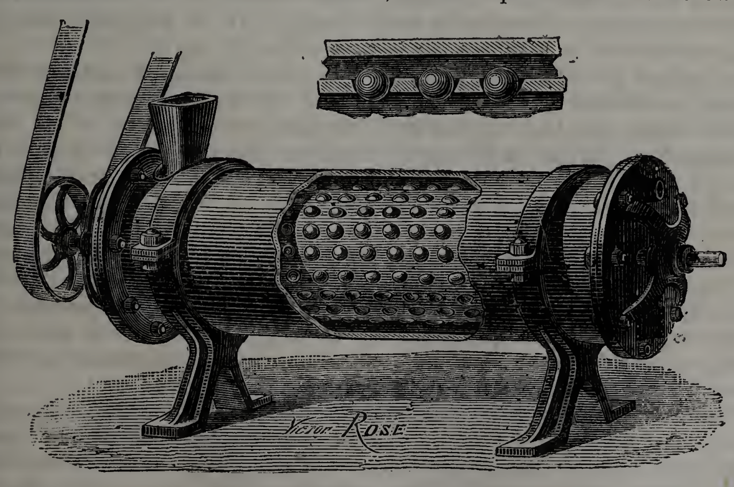


Fig. 14. — Broyeuse à boulets.

un liquide, une poudre impalpable ou des pâtes ; on l'emploie pour toute espèce de pulvérisations, telles que les sucres, les charbons, les outremers, couleur d'aniline, céruse, etc. (fig. 14). Cet appareil ne peut servir que lorsqu'il s'agit de

quantités considérables, et par conséquent il est moins applicable dans la toile peinte que la broyeuse inclinée que nous avons indiquée en premier lieu.

Enfin, une excellente broyeuse pour les substances plastiques et les couleurs grasses est la machine de Leclerc. — Elle se compose de trois cylindres en granit, frottant l'un contre l'autre, mais avec une vitesse inégale; l'un des cylindres est en outre animé d'un mouvement de va-et-vient dans le sens de l'axe du cylindre du milieu. Sur les bords du troisième cylindre, se trouve une râcle qui fait tomber la couleur broyée.

Les appareils pour la cuisson des couleurs n'ont pas subi de grandes modifications. Les chaudières universelles de Tulpin sont généralement préférées, surtout celles installées de façon à pouvoir donner de la vapeur, puis quand la couleur est cuite, un courant d'eau froide qui permet de refroidir sans changer de vase (pl. IV, fig. 3).

Primitivement on remuait à la main, puis l'on a adapté aux chaudières un appareil rotatif qui remuait seulement les bords et ne déplaçait pas la couleur placée au milieu de la chaudière; enfin, les mêmes constructeurs ont appliqué un appareil à double effet à axe excentrique et à vitesse variée qui remue absolument toutes les parties de couleur se trouvant dans la chaudière et la rendent par conséquent, parfaitement homogène. On peut s'en rendre facilement compte en mettant dans une chaudière de l'eau, puis en y projetant une poignée de son; en suivant attentivement les mouvements des parcelles de son, on les verra occuper successivement tous les points de la chaudière.

Les couleurs, une fois cuites et remuées à froid, demandent à être passées pour en éloigner les poussières ou autres impuretés qui pourraient s'y trouver. Primitivement, on les passait dans un sac de drap, puis dans des tamis; enfin, on imagina à Mulhouse un appareil à passer les couleurs, qui consistait en un cylindre garni dans sa partie inférieure d'un tamis; un piston se mouvant dans le cylindre venait presser sur la colonne de couleur qui se trouvait ainsi forcée par la pression de passer par le tamis. Depuis, M. Rosenstiehl a eu l'heureuse et ingénieuse idée d'appliquer le vide obtenu par le condenseur d'une machine à vapeur, et j'emprunte à M. Glanzman (1) la description de la machine modifiée et fonctionnant par la vapeur (pl. VII, fig. 4).

Les parties principales sont un réservoir et un aspirateur; mais au lieu de mettre le réservoir en communication avec le condenseur de la machine à vapeur, ce qui peut bien souvent avoir de graves inconvénients, il est disposé de manière à recevoir de la vapeur d'eau, qui ensuite est condensée, à l'aide d'un jet d'eau froide. J'appellerai cette partie le *condenseur* de la machine. Ce condenseur est en tôle rivée, d'une capacité de 300 litres environ et porte sur ses côtés quatre robinets placés l'un au-dessus de l'autre. Le premier, situé le plus haut, fournit de l'eau froide, qui est conduite dans un bout de tuyau percé de trous et traversant horizontalement le condenseur; le deuxième robinet donne de la vapeur; le troisième est en communication avec l'aspirateur pour faire le vide sous le tamis; le quatrième sert de purge. L'ouverture de celui-ci doit correspondre à un tuyau de 20 millimètres de diamètre au moins. Le condenseur est, de plus, muni d'un indicateur de vide.

L'*aspirateur* est construit, à peu de chose près, comme celui de la machine Rosenstiehl; c'est une robe en fonte de $0^m,65$ de diamètre sur $0^m,50$ de profondeur, pour recevoir une cuve vide pouvant contenir 60 litres. Le bord supérieur de cette robe est pourvu d'une profonde rainure, garnie d'une bande de caoutchouc vulcanisé. Le couvercle, surmonté de la trémie avec les tamis, porte à sa circonférence une saillie s'adaptant très-exactement dans la rainure

(1) Voir *Bulletin de la Société industrielle de Rouen*, 1875.

de la robe. Le fond de la rainure et la saillie sont parfaitement dressés sur le tour.

La trémie en cuivre, ajustée au couvercle, a $0^m,22$ de hauteur, $0^m,52$ de diamètre supérieur et $0^m,30$ de diamètre inférieur. Elle est munie, au fond, d'une forte toile métallique à mailles ouvertes, pour supporter le tamis fin. Celui-ci se trouve fortement tendu sur un cercle mobile en cuivre, et peut être changé selon les besoins. Superposé à ce tamis, se trouve un second cercle mobile en cuivre, avec une toile plus ouverte, pour préparer la couleur à passer plus facilement au tamis fin, en délayant et déchirant les grumeaux et les petites peaux qui peuvent s'y trouver. Les cercles, destinés à recevoir les toiles métalliques ou tamis, portent à leur partie inférieure une forte gorge s'ouvrant du côté extérieur et servant à retenir le tamis à l'aide d'un fil de laiton fortement serré.

A côté de l'aspirateur, il y a une installation pour laver la trémie ou les tamis; elle n'est pas figurée dans notre dessin. Au-dessus d'un bassin en maçonnerie, on a scellé dans le mur, parallèlement et à la même hauteur, des morceaux de bois pour recevoir le couvercle avec la trémie. Un peu plus haut, se trouve le robinet d'eau, muni d'un tuyau de caoutchouc qui permet de guider le jet d'eau.

Pour faire fonctionner l'appareil, on introduit d'abord la cuve vide dans l'aspirateur et on place le couvercle soigneusement dans la rainure de la robe. Le poids du couvercle, appuyant sur la bande de caoutchouc, établit un joint qui ferme hermétiquement. Pour obtenir ce résultat, il y a pourtant quelques précautions à prendre, dont la négligence entrave ou empêche complétement la fonction de l'appareil. La saillie dressée ainsi que la rainure portant la bande de caoutchouc, doivent être parfaitement lavées, mais il est essentiel de les bien essuyer ensuite et d'éponger surtout la rainure pour enlever complétement l'eau qui empêcherait la fermeture hermétique. Il faut aussi éviter avec soin le gravier que les eaux de lavage peuvent entraîner dans la rainure. Un seul grain de sable empêche le joint de se faire, et laisse passer assez d'air pour remplir l'aspirateur en peu de temps, sans qu'une goutte de couleur puisse être tamisée. Quand la couleur est versée dans la trémie, on se dispose à obtenir le vide nécesaire pour le tamisage.

Tous les robinets étant fermés, on commence par ouvrir le robinet de purge et ensuite le robinet de vapeur. L'eau du condenseur est expulsée ; aussitôt, on ferme le robinet à vapeur et on laisse la purge encore ouverte jusqu'à ce que la détente de la vapeur soit complète, c'est-à-dire jusqu'à ce qu'elle ne sorte que faiblement par le tuyau de purge. Cette précaution est essentielle. On ferme alors et on ouvre un grand robinet d'eau froide; le robinet de l'indicateur de vide reste toujours ouvert.

Pendant quatre ou cinq secondes, on ne voit aucune réaction ; mais après ce temps, le vide commence à se faire très-rapidement et dans l'espace de 20 à 30 minutes l'aiguille de l'indicateur monte à 650 et même 700 $^m/_m$ si l'on a bien opéré. On ferme aussitôt le robinet d'eau et on ouvre le robinet de l'aspirateur. Il est ouvert en grand quand on a des couleurs très-épaisses à passer, et à moitié seulement pour des couleurs claires. De cette manière, la couleur passe assez lentement pour laisser le temps à l'ouvrier d'en verser continuellement dans la trémie jusqu'à ce que la cuve à l'intérieur soit pleine.

Avec un condenseur de 300 litres de capacité, on peut passer 120 à 130 litres de couleur claire en fractionnant l'opération, mais seulement de 60 à 80 de de couleur épaisse. Cela tient à ce que la couleur épaisse n'est aspirée que par 40 c. de vide, tandis que la couleur claire passe encore avec 10 c. — Ces opérations peuvent se succéder rapidement, par exemple à *5 ou 6 minutes d'intervalle* pour 60 litres de couleur à l'amidon.

La dépense de vapeur est insignifiante, et l'économie de tamis est telle qu'elle seule suffira dans bien des établissements à rembourser amplement et dès la première année, tous les frais de l'appareil. L'appareil est très-facile à conduire ; il faut une omission ou une défectuosité grave pour l'empêcher de fonctionner.

Signalons encore parmi les appareils nécessaires dans une cuisine aux couleurs, les excellentes presses qu'avait exposées M. Samain, de Blois.

Impression (1). — Les engins appliqués à l'impression proprement dite, ont fait défaut à l'Exposition ; nous n'y avons remarqué qu'une machine à 12 couleurs pour papiers peints, exposée par MM. Tulpin frères ; mais ce n'est que le défaut d'espace qui a été la grande cause de cette lacune; car MM. Tulpin construisent depuis des rouleaux de une à huit couleurs. Ces machines sont beaucoup trop compliquées pour que nous en donnions des détails : disons que les principaux perfectionnements sont les suivants :

1° Facilité d'impression avec toutes dimensions de rouleaux depuis 0m,115 de diamètre, soit 0m,360 de développement, jusqu'à 0m,240 de diamètre ou 0m,750 de développement et sans aucune pièce de rechange ; — 2° facilité du placement et de l'enlèvement des rouleaux d'impression, quelles que soient leurs dimensions ; — 3° disposition favorable des bâtis, qui permet du dehors le placement facile de toutes les râcles et contre-racles, ainsi que leur commande dans toutes les positions, quel que soit le diamètre des rouleaux d'impression. La pression sur ces râcles se fait extérieurement aux bâtis pour toutes les couleurs et agit sur les leviers de haut en bas ;

4° La pression de toutes les couleurs est faite par leviers. Les chariots des 1re, 2e, 3e, 6e, 7e et 8e couleurs sont en outre disposés de façon à pouvoir donner la pression, soit par levier, soit par caoutchouc ou par la combinaison des deux actions. On a conservé pour les deux couleurs placées au plus bas du presseur, soit la 4e et la 5e, si l'on suppose une machine à huit couleurs, le système de leviers articulés ordinairement employés dans toutes les machines. Pour toutes les autres couleurs, quand la machine fonctionne par leviers, la pression est donnée par simple levier exerçant exactement la même puissance que ceux ci-dessus par suite d'une disposition très-simple et des plus heureuses. Ces leviers, dont le démontage et le remontage sont très-faciles, se composent d'un bras monté sur tourillon portant un maneton excentré, lequel agit directement sur l'écrou de la vis des chariots et dans une position toujours rectiligne, quel que soit le diamètre des rouleaux employés et leur éloignement du presseur. Un simple encliquetage soutenant le levier supprime la pression, lorsqu'il n'en est pas besoin ou lorsqu'il s'agit d'écarter les rouleaux d'impression du presseur ;

5° Commande spéciale de va-et-vient des râcles prises sur l'axe du presseur, laquelle peut se faire sans changement, quelle que soit la position de ces dernières, déterminée par la hauteur du presseur qui est variable suivant le diamètre des rouleaux. Cette commande donne les mouvements saccadés nécessaires pour faire tomber les excédants de couleurs et les ordures retenues par les râcles ;

6° Par la commande de la machine, qui est prise sur un moteur à vapeur à deux cylindres d'angle, lequel, par un simple renvoi portant un embrayage, donne le mouvement intérieurement à une grande roue ayant dentures intérieures et extérieures, dont l'emploi, supprimant plusieurs roues, simplifie la commande et réduit l'emplacement. La denture extérieure commande les roues

(1) Voir Persoz, *Traité théorique, pratique de l'impression des tissus*, voir tome II, p. 361, 401, 448.

de division des arbres intermédiaires se jonctionnant aux rouleaux gravés. La machine comporte deux mises en marche, toutes les deux à portée de son conducteur. L'une agit directement sur la valve d'une boîte à vapeur pour la mise en marche du moteur, l'autre sur l'embrayage que l'on engrène ou dégrène plus instantanément que le moteur à vapeur.

Nous avons examiné avec un grand intérêt, une petite machine à imprimer pour laboratoire, destinée au Conservatoire des Arts-et-Métiers. Parmi les autres machines relatives à l'impression, figurait une machine à chiner de M. Mahon, de Roubaix. Ces sortes de machines ont été notablement perfectionnées depuis quelque temps, et M. A. Delamare, un des plus habiles chineurs de Rouen, a importé récemment une machine de ce genre de fabrication saxonne, qui donne d'excellents résultats, tout en produisant plus que les machines employées jusqu'à ce jour.

La mode qui avait délaissé pendant un certain temps le jupon imprimé, paraît devoir le faire revivre et, à cet effet, on vient de refaire un nouvel appareil s'adaptant sur n'importe quelle machine (rouleau) et permettant d'imprimer mécaniquement les bandes en travers pour bas de jupon ; on comprend quel immense avantage on retire de l'emploi de ce mode quand on sait qu'un imprimeur à la main fait tout au plus une pièce de jupon par jour, tandis que de cette façon on peut faire 70 à 80 pièces de 100 mètres.

Une innovation très-heureuse a eu lieu dans les machines à imprimer : c'est l'emploi des presseurs garnis de caoutchouc. MM. Letellier et Verstraet, de Paris, sont arrivés à pouvoir garnir les presseurs, de façon qu'après avoir imprimé douze ou quinze mille pièces de 100 mètres, ces presseurs n'ont encore subi aucune altération. Le grand avantage consiste dans la suppression complète du drap et dans une notable économie provenant d'abord de la dépense moindre dans l'installation et du plus grand rendement de ces presseurs qui fonctionnent en Normandie avec succès depuis 1875.

Un autre perfectionnement relatif à l'outillage de la machine à imprimer, est l'indroduction dans la pratique, de l'emploi des râcles en bronze phosphoré. Dès 1875, MM. Montefiore et Lévy, de Liége, avaient, d'après mes données, tenté de fabriquer de telles râcles (1) mais sans succès. L'exposition suisse nous en a montré des spécimens parfaitement réussis ; leur prix, qui ne diffère que très-peu des râcles nickelées ou de bronze composé, en permettra rapidement la vulgarisation.

Séchage des pièces. — Autrefois, et dans la plupart des fabriques où on cherche à utiliser l'ancien matériel qne l'on a sous la main, le séchage des pièces sortant de l'impression au rouleau se faisait au moyen de chambres chaudes dites *courses* ou d'après les Anglais *hot-flue.* On les remplace aujourd'hui, généralement, par des plaques à vapeur sur lesquelles glisse la pièce, laquelle sèche tout aussi bien et non moins rapidement. Dans certaines fabriques, on emploie des tubes dans lesquels circule de la vapeur formée (au bas de la machine à imprimer) par un chauffage spécial. Cette vapeur se condense par l'abondance du calorique et revient au chauffage où elle est vaporisée à nouveau, et ainsi elle retourne dans le système ; mais ce genre de séchage n'a pas eu beaucoup de succès, les pièces chargées en couleur ne pouvant se sécher.

On se sert sur le continent de plaques en tôle de fer, tandis que les Anglais emploient beaucoup les plaques de fonte. Outre l'avantage d'une surveillance bien plus facile, on peut utiliser la vapeur d'échappement des machines à vapeur

(1) Voir *Bulletin de la Société industrielle de Rouen*, 1876, p. 85.

motrices. Des installations particulières permettent d'approcher ou d'éloigner à volonté les pièces des plaques. Cet avantage est surtout précieux avec les couleurs d'alizarine qui, trop chauffées, ne se fixent plus qu'imparfaitement, et quelquefois aussi suivant la nature des mordants, peuvent altérer profondement les tissus.

La chaleur développée par de telles courses est considérable; l'expérience a montré qu'il fallait au moins 17 plaques. Or chaque plaque représentant 4 mètres carrés de surface, la pièce passe donc sur près de 70 mètres carrés, à la température de 100 degrés environ.

Appareils employés dans l'oxydation et le vaporisage des tissus.

Après l'impression, les couleurs déposées sur le tissu doivent subir une opération chimique dont le but est de fixer aussi complétement que possible, le mordant sur la toile; ce résultat s'obtient par des chambres à oxyder, les oxydations continues pour les genres à teindre, ou par la vaporisation pour les genres où mordant et matière colorante sont déposés en même temps sur la toile. La chambre à oxyder est une salle où l'on peut suspendre, soit sur des havets, soit sur des crochets ou des lattes, les pièces que l'on soumet à une forte chaleur très-humide; de cette façon les mordants sont décomposés, et les bases destinées à former avec la matière colorante des laques colorées insolubles sont plus adhérentes au tissu.

Les Anglais emploient depuis un certain nombre d'années, la chambre dite oxydation continue; elle se compose d'une série de rouleaux sur lesquels passe l'étoffe; elle est close, de façon à pouvoir être fortement chauffée avec de la vapeur très-humide. On évite aussi la main-d'œuvre, qu'occasionne la suspension, en même temps que les pièces sortent toutes ployées et par conséquent prêtes pour le dégommage (1).

J'ai remarqué à l'Exposition un appareil sur lequel j'appellerai l'attention des praticiens; on sait combien il est difficile de régler une chambre à oxyder : ou elle est trop chaude, ou elle est trop froide, trop sèche ou trop humide. M. Garlandat, de Paris, avait exposé un appareil, permettant d'obtenir très-facilement l'air à une température et à un degré d'humidité voulus.

Cet appareil fort simple, et dont l'intelligence sera facilitée par la figure 15, ci-après, se compose d'une caisse rectangulaire, divisée horizontalement en deux compartiments, par une plaque métallique un peu inclinée et percée d'une nfinité de petits trous.

A la partie supérieure de la plaque P, et longeant son bord le plus relevé, est ménagée une rigole, recevant par le tuyau T un courant d'eau fraîche qui se répand, en couche uniforme, sur toute la surface de la plaque, descend sur son bord incliné, où elle tombe dans une rigole d'écoulement qui aboutit elle-même à un tuyau de sortie.

L'air appelé de l'extérieur et envoyé dans le compartiment inférieur de la caisse par un ventilateur V, que fait mouvoir la courroie de la transmission C, tend à passer à travers la plaque et à soulever la couche d'eau qui la surmonte, si bien qu'il fait échec à la tendance du liquide à passer par les trous. Divisé lui-même par ces orifices, il arrive au contact de l'eau, en filets très-déliés qui traversent par un fractionnement considérable la nappe aqueuse superposée,

(1) Voir *Moniteur scientifique* du Dr Quesneville, 1875, l'oxydation continue par A. Schultz.

lui abandonnent leur chaleur; ils se trouvent ainsi rafraîchis et lavés, ramenés en définitive à une température égale, ou à peu près, à celle du liquide traversé, incessamment renouvelé. Le ventilateur continuant de fonctionner et de faire passer de nouvelles qualités d'air du compartiment inférieur dans le supérieur, celui-ci se dégorge par un conduit de sortie E, auquel on peut adapter, selon les besoins et les directions désirées, des manchons ou des tuyaux distributeurs appropriés.

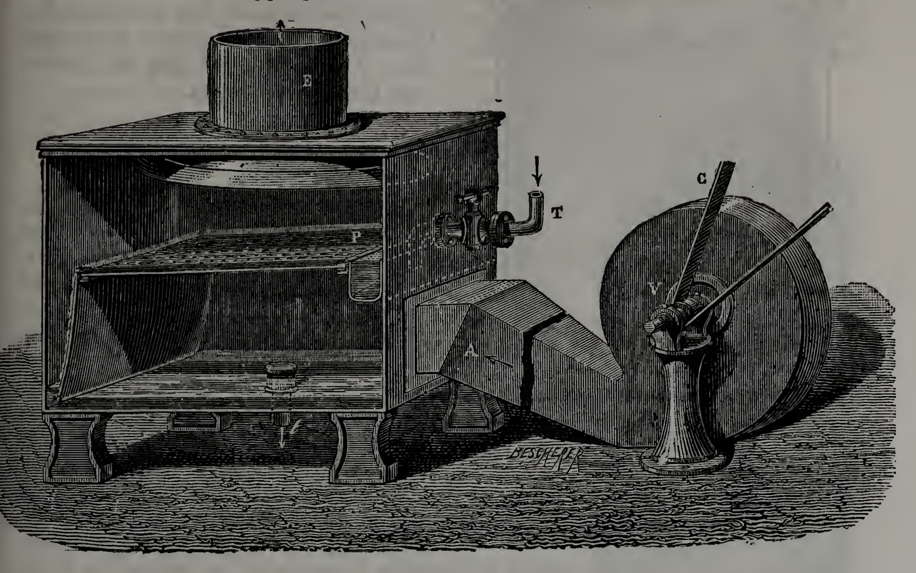


Fig. 15. — Appareil Garlandat.

Comme on peut, à volonté, avec cet appareil, produire de l'air très-humide et à la température voulue, j'ai cru devoir le signaler, pensant qu'avec quelques légères modifications, il pourrait, dans le cas des chambres d'oxydations, faciliter l'humectage de l'air et rendre ainsi de notables services dans cette opération.

Quand la matière colorante est mélangée avec le mordant, on procède au fixage de la couleur, par le moyen de la vapeur d'eau, et c'est cette opération que l'on appelle *vaporisage*.

Il y a une quantité d'appareils réalisant cette opération, mais chacun d'eux a une application spéciale (1).

Le plus simple de tous est la cuve au tonneau (fig. 16). Il consiste en un vase ou tonneau de 0,05 d'épaisseur A B C D; la partie inférieure est percée circulairement de trous. A $0^{m},10$ du fond est placé un contre-fond F, en toile; il est destiné à arrêter l'eau qui pourrait être lancée par le tube T et, en même temps à isoler du corps de l'appareil l'eau condensée.

Le tonneau est fermé par un couvercle en bois H, sous lequel on place des draps : on l'assujettit soit à l'aide de clavettes, soit avec des crochets X, que l'on garnit de cordes avec des poids PP. Le cadre V repose sur un cercle *a*, qui est à quelques centimètres du bord. On accroche les pièces à la

(1) Voir *Traité du fixage des couleurs par la vapeur*, 1879, par Dépierre, chez M. Lacroix, éditeur, Paris.

manière ordinaire et on termine par une enveloppe de laine. Ce cadre est garni de picots, comme les cadres des cuves; l'écartement est 0m,1. On fixe de 20 à 30 minutes, et il est convenable d'avoir plusieurs cadres de rechange. On place des draps sur la partie supérieure du cadre, afin d'empêcher que les pièces ne se mouillent. La partie inférieure du tonneau est munie d'un robinet R, pour donner issue à l'eau condensée. Il est bien entendu que la vapeur doit toujours être bien conduite. On peut mettre les pièces en deux, mais alors il faut les accrocher en double, avec l'endroit en dessus.

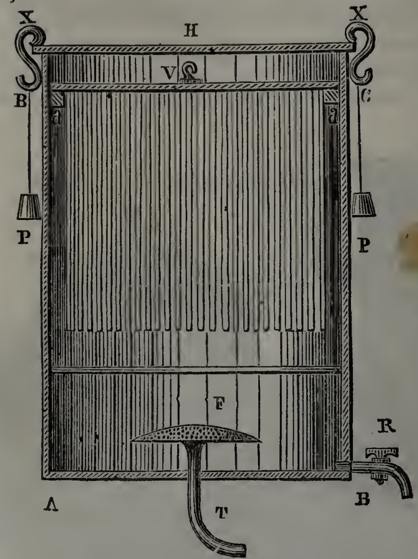


Fig. 16. — Cuve au tonneau.

Vaporisage à la colonne.

La colonne (pl. VI fig. 5) est formée d'un cylindre AB de 0m,05 à 0,16 de diamètre et d'une longueur variable, suivant les étoffes que l'on a à fixer. Le cylindre AB est ordinairement en cuivre rouge et percé dans toute sa longueur de trous disposés circulairement. Le diamètre de ces trous doit être égal et de 0m,001; ils sont espacés les uns des autres de 0m,006 à 0m,007; il y aurait désavantage à les avoir d'un plus grand diamètre et plus écartés.

A la partie inférieure de la colonne, est soudée une plaque circulaire CD du diamètre de 0m,21 à 0m,24; elle est destinée à empêcher de tomber les étoffes placées sur la colonne. Les parties inférieures et supérieures du tube AB sont terminées par deux petits tubes de 0m, 027 de diamètre. Le tube inférieur entre à frottement dans la douille d'une boîte, à laquelle on donne la forme d'une sphère et qui, à sa partie inférieure est munie d'un robinet K; cette boîte ou bassin est destinée à recevoir l'eau condensée par le fixage, et que l'on retire par le robinet K. Le petit tube F entre à frottement dans le cou de cygne H, non indiqué sur la figure, et est fixé au moyen d'une virole à vis qui s'adapte sur le tube F; H est le tube qui amène la vapeur. La sphère qui est en bas de l'appareil est destinée à recevoir l'eau entraînée par la vapeur et à l'empêcher de produire des taches sur les pièces à vaporiser.

Vaporisage à la cuve.

Un des systèmes les plus répandus est celui du vaporisage à la cuve, et ce système a donné lieu à un grand nombre de modifications. Le vaporisage à la cuve est assurément le plus employé pour le coton en Alsace et en Normandie.

La cuve à vaporiser (fig. 17) se compose d'une grande caisse rectangulaire en bois, en fer ou en briques cimentées, mais dans tous les cas parfaitement étanche et au fond de laquelle se trouvent des tuyaux percés donnant accès à la vapeur; elle a généralement 2 ou 3 mètres de longueur, sur autant de profondeur, et 1 mètre à 1m,50 de largeur; les parois intérieures sont garnies de grosses toiles, et pour que l'eau entraînée par la vapeur n'aille pas se déposer sur les pièces

imprimées, elle est encore pourvue d'un double fond de toile ou de laine grossière qui tamise la vapeur. Les pièces sont enroulées avec un doublier, pour éviter les rapplicages et suspendues ensuite sur un petit rouleau traversé par un axe en fer que l'on fait reposer de chaque côté de la cuve,

On appelle un tel rouleau garni de pièces, une bobine. On en dispose ainsi une douzaine dans la cuve; pour que la vapeur agisse également sur une même pièce, on change fréquemment celle-ci de position.

Pour cela chacun des axes de fer porte à l'une des extrémités, sur une partie quadrangulaire, une petite roue dentée qui s'engrène avec celle de l'axe voisin, de sorte qu'au moyen de cette série d'engrenages on peut, en donnant le mouvement à l'une d'elles, au moyen d'une manivelle placée à l'extérieur, faire mouvoir ensemble toutes ces pièces sur leurs axes de suspension.

La cuve étant chargée, on la recouvre soit d'un drap de laine seulement, soit avec lui d'un couvercle de bois, ou d'une hotte qui permet aux vapeurs de s'échapper au dehors de l'atelier.

Dans certains établissements de Mulhouse, elle est recouverte d'un tablier de grosse laine étendu sur un cadre de fer s'appliquant exactement sur les bords bien plans de la cuve. On fixe bien ce cadre avec des pinces. L'appareil étant clos exactement, on y introduit de la vapeur; aussitôt la pression réagit sur l'étoffe imperméable de laine et rend la surface d'autant plus convexe, que cette pression est plus forte. Un tube partant de la cuve communique à un manomètre à eau muni de repères, qui indiquent à quelle hauteur d'eau doivent correspondre les pressions nécessaires suivant les genres.

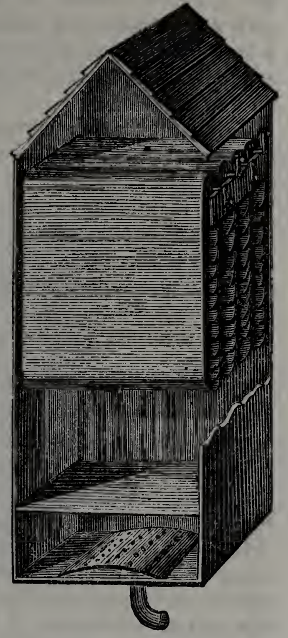


Fig. 17. — Cuve à vaporiser.

Dans les pays où la vapeur d'eau se condense facilement, on donne encore une autre disposition à l'appareil.

La cuve est couverte d'un couvercle, et à celui-ci s'adapte un tuyau de cheminée qui amène la vapeur au dehors, alors qu'elle a agi. Pour faciliter le tirage de la cheminée, on y introduit un ou plusieurs becs de gaz, et on a ainsi des ateliers absolument privés de vapeur. Pour obtenir une fermeture complète, on pourrait appliquer la fermeture hydraulique dans les cuves où la pression est faible. Dans les cuves où la pression est plus forte, il faudrait évidemment employer un liquide plus dense. Il s'agirait donc de composer un liquide plus dense et qui soit sans action sur le fer; on garnirait le couvercle d'un rebord A descendant dans un réservoir R métallique, adapté sur les bords de la cuve; le réservoir devrait avoir une certaine profondeur pour ne pas laisser échapper le liquide pressé par la vapeur. Il est évident que cette fermeture ne pourrait être appliquée que dans les cas d'une pression très-faible (pl. II, fig. 7 et 8).

Un autre nouveau système est celui dû à M. Paul Richard; ce n'est qu'une modification très-importante de la cuve ordinaire; la particularité consiste dans le mode d'enroulement des pièces qui, au lieu d'être pliées en sacs de $1^m,60$ de long environ (suivant la hauteur de la cuve), sont enroulées mécaniquement autour d'un cylindre en feuilles de cuivre de $0^m,005$ d'épaisseur, et percées de trous de telle façon que le rouleau portant une pièce de 80 mètres avec son

doublier ne mesure que $0^m,30$ de diamètre, y compris le vide de $0^m,12$ que laisse le cylindre de cuivre percé de trous (pl. IV, fig. 1).

Ceci permet de fixer vingt-cinq pièces en rouleaux dans une cuve où neuf pièces en sacs trouvaient difficilement place, c'est-à-dire près de trois fois plus de marchandise.

Ce système est applicable à toutes les cuves à bobines; mais c'est à la cuve à wagonnets de MM. Tulpin qu'il s'adapte le mieux. Cette dernière est munie de rails sur lesquels on fait circuler un wagon. Au lieu de ne mettre que 4 ou 6 montants pour supporter les boîtes ou bobines du haut, on en met autant qu'il y a de ces boîtes, et chacun de ces montants est percé d'autant de trous qu'il y a de bobines à placer, c'est-à-dire que si la hauteur permet de placer 3 ou 4 bobines, on perce sur le montant 3 ou 4 trous dans chacun desquels sera engagée une boîte. Le wagonnet chargé est poussé dans la cuve et on évite ainsi l'usage du palan.

Un autre appareil à vaporiser est celui inventé par M. Sifferlen, en 1875; il réunit certaines conditions spéciales et très-avantageuses, surtout dans le cas où l'on veut supprimer les doubliers (pl. V, fig. 1, 2, 3, 4).

Voici maintenant comment fonctionne l'appareil : on accroche les pièces pli par pli aux anneaux-crochets, mobiles sur le tuyau. Il y en a 276; l'écartement étant de $1^m,37$, on peut y mettre 14 pièces de 50 mètres. On entoure alors le chariot d'une toile d'emballage et on recouvre le tout d'un drap; on place sur les supports S S (pl. V, fig. 2) un cadre en bois recouvert également de toile d'emballage destinée à distribuer la vapeur plus également sur les pièces accrochées au-dessus.

Le chariot ainsi préparé, on y adapte un petit tuyau de vapeur, et au moyen des robinets on fait évacuer l'eau condensée et la vapeur en excès. Le chauffage des anneaux se fait en quatre ou cinq minutes; on roule alors le chariot dans la cuve et on vaporise pendant le temps nécessaire; l'opération terminée, on sort le chariot et il suffit de déclancher le levier D pour que toutes les pièces soient décrochées.

Cet appareil, comme construction, a beaucoup d'analogie avec le rectomètre employé dans le pliage des indiennes; outre l'avantage d'éviter les taches provenant de la condensation, il économise une certaine quantité de main-d'œuvre et a surtout l'avantage de ne pas exiger de doubliers; il y a quelque analogie avec le vaporisage dit à la chambre.

Le but principal qu'a cherché M. Sifferlen dans cet appareil est de : 1° supprimer les doubliers et autres accessoires qu'on emploie pour le vaporisage ordinaire en suspendant les pièces pli par pli à des pointes écartées pour laisser un espace entre chaque pli; 2° éviter la condensation sur le métal en contact avec les pièces, et à cet effet, chauffer les porte-pointes par un tuyau pouvant recevoir de la vapeur; 3° éviter les taches d'eau du haut de la cuve par un couvercle à double fond chauffé à la vapeur; 4° enfin, éviter les pertes de temps résultant du décrochage de la marchandise vaporisée en décrochant les pièces instantanément.

Il existe encore une foule d'appareils à vaporiser, mais sur lesquels il ne m'est pas possible de m'étendre davantage, je renverrai le lecteur aux ouvrages spéciaux publiés sur la matière.

Pour suivre les marchandises dans les diverses phases de sa fabrication, il devient nécessaire de parler de l'importante opération du dégommage.

Après l'oxydation ou le vaporisage, le fixage, il est indispensable d'enlever à l'étoffe l'épaississant, le colorant de la couleur (qu'il ne faut pas confondre avec le colorant de l'étoffe) et aussi l'excédant de couleur non fixée. Quand les pièces ont été vaporisées, on procède au lavage et souvent à un dégommage

à froid qui se donne dans une cuve à roulette ordinaire; mais quand il s'agit de pièces à teindre, on dégomme à chaud et au moyen de bouse ou de sel à bouser; c'est de cet appareil que nous allons parler (pl. VI fig. 1).

Il se compose généralement de deux ou trois cuves placées à la suite les unes des autres. On peut, au moyen d'appareils appropriés, y amener de l'eau et de la vapeur en quantité suffisante. Entre chaque cuve se trouve un tourniquet, appelant la pièce, et au bout de la dernière cuve est placé un rouleau exprimeur, au-dessous duquel se trouve un appareil laveur d'où la pièce est appelée par un tourniquet pour être passée dans les machines à dégorger, desquelles nous nous occuperons plus tard.

La teinture s'opère dans les cuves en bois, en fonte, etc.; un perfectionnement qui vient d'être fait en Angleterre, consiste à revêtir l'intérieur des cuves de plaques de cuivre. L'emploi de l'alizarine artificielle qui d'après quelques praticiens donne très-facilement en présence du fer, des taches, n'est pas étranger à cette modification. La cuve dont le dessin est ci-joint (pl. V fig. 6) représente une cuve à teindre telle qu'on les emploie de nos jours. On y a introduit récemment

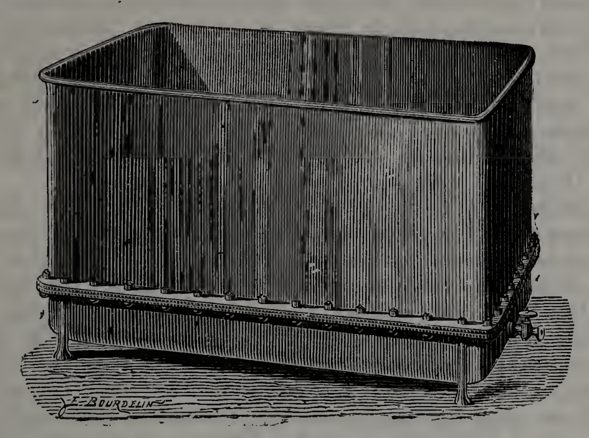


Fig. 18. — Barque à teindre les écheveaux.

quelques modifications; il y a déjà longtemps que l'on avait essayé de substituer au tourniquet simple le clapot ou les deux rouleaux exprimeurs, puis on est revenu au traquet à 4, 6, 8 pans. Kilburn a repris le clapot en le modifiant ainsi (1) : au lieu de poser un rouleau sur l'autre, il applique deux rouleaux BB sur un rouleau A, les rouleaux B, supérieurs sont munis de ressorts C C, qui laissent passer les nœuds; ou bien, il place au-dessus de deux rouleaux AA, un seul rouleau à ressort B, de cette façon, le tissu en passant subit deux points de contact et le laisse forcément pénétrer mieux dans l'étoffe. Cette application visait principalement le lavage, cependant à ma connaissance, ce système a été employé avec avantage en teinture (pl. X fig. 3 et 4).

L'on ne peut teindre qu'au boyau dans les genres de cuves ci-dessus indiquées : il a fallu inventer de nouvelles cuves pour la teinture au large en alizarine; et sans entrer dans plus de détails, nous dirons que la cuve à teindre au large a beaucoup d'analogie avec la cuve à dégommer, il faut surtout éviter que le fer ne soit en contact avec le bain de teinture, et autant que possible n'employer que le cuivre ou le laiton; on est obligé de faire revenir souvent la pièce

(1) Voir *Textile colourist*. June 1877.

sur elle-même, car la teinture ne peut évidemment s'opérer en un seul passage. Il faut les répéter jusqu'à saturation.

La teinture en écheveaux a subi d'importantes modifications. On teint ordinairement dans une cuve en bois rectangulaire dans laquelle on fait arriver un courant de vapeur ou mieux encore dans une barque métallique à double fond chauffée à la vapeur (fig. 18).

De cette façon le bain n'augmente pas de volume par suite de la condensation de la vapeur et peut être réglé plus facilement.

Mais le maniement des écheveaux est toujours fatiguant et difficile pour le teinturier. M. Corron a imaginé un appareil à teindre que nous avons fort remarqué à l'Exposition et qui attirait l'attention des connaisseurs.

Lorsqu'on veut teindre des écheveaux, on les enfile dans un bâton qu'on place en travers et sur les bords de la barque qui renferme le bain de teinture, de manière à ce que les écheveaux y soient plongés.

Puis on relève chaque bâton et on retourne l'écheveau de manière que la partie supérieure, devenue l'inférieure, soit immergée à son tour. C'est ainsi que les fils prennent l'uniformité de couleur qui caractérise la teinture bien faite.

Cette opération, qui s'appelle le lisage, et qui jusqu'à présent était exécutée à la main, l'est maintenant mécaniquement au moyen de la machine inventée par M. César Corron. Dans cette machine, les écheveaux, suspendus à leurs bâtons, sont placés sur des cadres susceptibles d'un mouvement de va-et-vient alternant avec un mouvement d'ascension et de descente, tout en se déplaçant constamment sur le bâton de manière à ce que toutes leurs parties soient en contact avec le bain de teinture.

Après l'opération de la teinture, pour l'indienne, il y a encore d'autres opérations à donner suivant les genres que l'on traite ; pour les articles garances ou teints dans les nouvelles matières colorantes telles que l'alizarine, on donne des savonnages. Cette opération se fait soit en cuve ordinaire qui est analogue à la cuve à teindre, soit au système continu. Ce genre est surtout pratiqué par les Anglais. A cet effet on a une série de cuves, composée de deux, trois, quatre cuves suivant les besoins. Ces cuves sont munies non pas de traquets, mais de clapots et par conséquent agissent mieux. Le tissu n'est pas en boyau qui revient à son point de départ, mais forme une hélice qui commence à l'entrée de la pièce dans la première cuve et se termine au dernier pli, à la sortie de la pièce de la dernière cuve. Ces cuves ne sont et ne peuvent être employées que dans les manufactures qui traitent de grandes quantités de pièces du même genre (pl. VI fig. 3 et 4).

Lorsque des pièces ont été teintes ou savonnées, elles n'ont pas besoin de subir d'autre opération mécanique, si ce n'est cependant le lavage dont nous allons parler; mais il n'en est pas de même des écheveaux de toute nature qui après ces diverses opérations sont plus ou moins tordus, mélangés, etc., et qui ont besoin en un mot d'être *dressés*. Cette opération se fait alors au moyen d'un appareil dit *secoueuse*.

Un des rares appareils de ce genre qui figurait à l'Exposition est celui de M. Corron que nous avons déjà eu plusieurs fois occasion de nommer.

La *secoueuse-dresseuse*, qui supprime l'opération la plus fatigante pour l'ouvrier teinturier, le secouage à la main ou au chevillon, consiste en une cheville fixe A recevant du moteur un mouvement de rotation sur elle-même. Un chevillon B, monté à l'extrémité d'un battoir, est animé, au moyen d'une came, d'un mouvement de va-et-vient. L'écheveau, placé sur la cheville et le chevillon, est redressé lorsque celui-ci retombe sous l'effort de son propre poids. La came relevant le chevillon, le rapproche de la cheville, et le même jeu se reproduit indéfiniment. La cheville, en tournant sur elle-même, déplace le matteau

dont toutes les parties supportent également le même effort mécanique (pl. IV fig. 2).

Avec une secoueuse à double effet, une femme seule peut, en 10 heures, secouer 300 kilos de soie, ce qui demandait autrefois 10 heures de fatigue à 6 habiles ouvriers. Cet appareil évite les jaspures, et prend une place importante pour la teinture en écheveaux.

Après la teinture, il arrive presque toujours que les pièces imprimées n'ont pas le blanc désirable. On a recours, pour obtenir un blanc plus pur, à une opération que l'on appelle le *chlorage à la vapeur*. Il est usité déjà depuis un certain nombre d'années, mais ce qui y est nouveau c'est l'application de la fermeture hydraulique, qui empêche la vapeur de pénétrer dans les ateliers.

Le dessin figuré pl. X, fig. 2 représente une installation complète de plaquage en chlore, vaporisage, lavage, bleutage et séchage.

Cette même fermeture hydraulique est également appliquable, et je l'ai fait toujours avec succès, aux cuves contenant des substances soit volatiles, soit désagréables à l'odorat, soit nuisibles, telles que l'ammoniaque, le bisulfite de soude, l'hydrogène sulfuré, etc.

Après toutes les opérations dont je viens de parler, il est évident qu'il est nécessaire d'opérer des lavages. J'ai déjà indiqué à l'article *Blanchiment* les principales machines que l'on emploie de nos jours et qui sont aussi applicables à la toile peinte; les genres à clapot, c'est-à-dire comprenant pour organes principaux deux rouleaux exprimeurs, et les genres traquet, dans lesquels la pièce est entraînée et vient se frapper contre un des côtés de l'appareil, l'eau dans ce cas reçoit une pression par suite du battage de la pièce contre le traquet, et se trouve violemment expulsée du tissu. Ces machines s'appliquent au lavage des tissus légers ou des articles vapeur en général.

Les appareils à laver sont excessivement nombreux et outre les trente et quelques systèmes que j'ai décrit dans un mémoire adressé à la Société d'Emulation de Rouen (1), je citerai encore la machine à laver de Conseil de Deville, la machine traquet avec battoirs, et enfin un nouvel appareil que j'ai construit récemment et qui permet de laver soit au large, soit en boyaux, les tissus les plus lourds aussi bien que les plus légers. Un mécanisme spécial permet de donner, à l'entrée ou à la sortie, de l'avance ou du retard à volonté. J'ai en même temps appliqué à cet appareil le caoutchouc pour éviter soit l'usure, soit le changement des garats qui entraîne toujours une grande perte de temps et je n'ai eu, de même que ceux qui ont employé cet appareil, qu'à m'en féliciter.

Les écheveaux de toute nature se lavaient à la main. On a aujourd'hui plusieurs laveuses, entre autre la machine à laver à mouvement horizontal, due à un industriel suisse, M. Riekli (2).

Dans cette machine, les écheveaux sont placés sur des bobines en cuivre passées sur un axe supporté par une seule extrémité, et recevant le mouvement à imprimer à la bobine. Les bobines ayant une extrémité complétement libre, on peut passer les écheveaux et les retirer en marche et sans arrêt. Deux mouvements leur sont donnés, celui d'agitation ou de va-et-vient général, produisant le lavage des écheveaux, celui circulaire, particulier à chaque bobine pour présenter au lavage toutes les parties d'un écheveau. Dans ce système, un ouvrier ne peut desservir que de cinq à sept bobines formant un seul com-

(1) Mémoire sur les machines à laver, *Bulletin de la Société libre d'Émulation de la Seine-Inférieure*, 1876.

(2) Kaeppelin *Blanchiment, teinture et impression*, chez M. Lacroix, vol. in 8°, 164 p., 32 fig., 11 pl., prix : 10 fr.

partiment. Si le nombre est plus considérable, il faut deux compartiments, dont le service est fait par deux ouvriers. Un ouvrier peut laver 12 à 1,500 kilogs par jour.

MM. Tulpin avaient exposé un autre système circulaire d'un bien meilleur rendement, et le fonctionnement de cette machine attirait une foule de curieux.

Dans cet appareil, les bobines reçoivent un double mouvement circulaire, d'abord autour du point central, puis autour de l'axe ou chevillon sur lequel sont placés les matteaux; l'appareil a des intermittences qui imitent mécaniquement le redressage à la main.

Avec deux ouvriers, un appareil à 12 bobines peut laver de 3,000 à 3,500 kilogs par jour. Avec 16 bobines, on peut laver à fond jusqu'à 4,500 kilogs.

Appareils à sécher — Tambours — Essoreuses — Etentes, etc.

Le séchage est une des opérations indispensables de la fabrication, et par conséquent une de celles où l'on s'est le plus appliqué à économiser le temps, la main-d'œuvre et le combustible, etc. Depuis l'emploi des tambours à vapeur, que l'on fait en tôle étamée, en cuivre, etc., il n'y a pas eu de notables perfectionnements. On a cependant cherché à utiliser l'air chaud d'une manière qui n'est peut-être pas plus économique au point de vue de la dépense en combustible, mais qui présente certains avantages au point de vue de la rapidité. L'appareil dont il s'agit est l'évaporateur à hélice de M. Chaudet, de Rouen. Ce système a du reste été employé pour la ventilation de l'Exposition universelle de 1878 et si dans ce dernier cas, les résultats n'ont pas paru saillants à chaque visiteur, il n'en est pas moins vrai qu'appliqué à de moindres espaces l'effet qu'il produit est indiscutable (pl. XI fig. 4).

Supposons une chambre à un ou plusieurs étages où l'air chaud, sec, peut entrer par un des côtés. S'il est sollicité à sortir par un moyen quelconque, il se chargera de l'humidité qui règne dans cette chambre et naturellement cette humidité disparaîtra suivant que l'air sera plus ou moins renouvelé. M. Chaudet a donc adapté au côté opposé à l'entrée de l'air chaud, une hélice *disposée d'une façon* qui, par son fonctionnement produit un véritable ouragan. L'évaporation obtenue est des plus rapides et par suite la dessication très-prompte. Plusieurs usines ont adopté ce système, à Elbeuf, pour le séchage des laines, et à Rouen pour le séchage des écheveaux.

On a souvent cherché à varier l'atmosphère des chambres d'oxydation. Je pense que cet appareil pourrait, dans le cas dont il s'agit, rendre des services signalés.

Il existe un autre système de ventilation, lequel obtenu par un jet de vapeur est dû à M. Koerting. Ce système permet d'aspirer économiquement des quantités d'air assez considérables, hors d'endroits dans lesquels la dépression ne dépasse pas 30 à 35 $^m/_m$ d'eau. Il suffit de placer l'appareil au haut du séchoir, d'y installer une cheminée convenable et de préparer dans le plancher inférieur des entrées d'air.

La figure 19 donne une idée assez exacte du fonctionnement de l'appareil. D'autres systèmes ont été exposés; mais le principe était toujours le même. Il n'y a que la construction des étendages qui ait subi des modifications assez importantes. M. Delacroix, de Deville-lez-Rouen, avait exposé un système d'ouverture et de fermeture de fenêtres d'étente qui permet, suivant l'orientation du vent, de fermer ou d'ouvrir très-rapidement tout un côté d'une étente. En

même temps, il soumettait à l'appréciation des praticiens son installation mécanique pour monter les pièces dans une étente et les étendre ou les détendre. Ces divers appareils ont déjà pour eux la sanction de l'expérience, et fonctionnent parfaitement chez M. Rondeaux au Houlme, près de Rouen.

MM. Blondel et Nicolet de Deville-lez-Rouen ont imaginé un appareil utilisable pour les écheveaux et dont je donne ci-après la description (pl. VIII fig. 3 et 4).

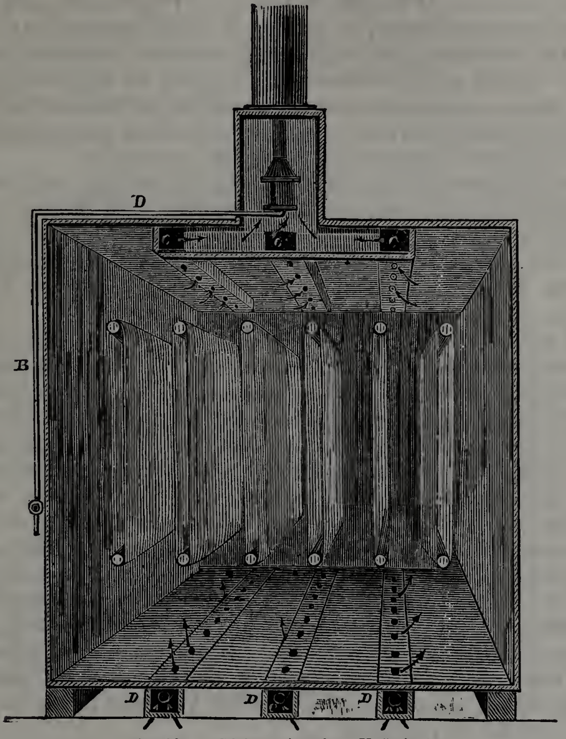


Fig. 19. — Séchage (système Koërting).

Comme il s'agit de l'appareil à sécher ou à faciliter les opérations du séchage, j'ajoute une description de l'appareil à tordre les écheveaux, appareil que M. Nicolet a fait fonctionner également à l'Exposition (pl. XV, fig. 1). *Voir la légende à la fin de l'ouvrage.*

Le but de cet appareil fort simple est de permettre le chargement et le déchargement des écheveaux au dehors de la chambre chaude où s'opère le séchage. Nous ne nous occupons nullement de la chambre chaude, qui peut varier comme disposition et comme mode de chauffage. Cependant, nous ferons remarquer que cette disposition de chariot entraîne à un emplacement double de la chambre chaude ; mais d'un autre côté, cet emplacement est utilisé au dépôt des écheveaux a sécher et dessécher. En dehors de ces observations, voici les avantages principaux résultant de l'emploi de ce chariot : 1° opération du chargement et du déchargement facile, et en dehors d'un milieu très-chaud, toujours nuisible à la santé; 2° manipulation facile pour l'entrée et la sortie du chariot; 3° faible déperdition de calorique réduit à la limite du possible.

Machine à tordre et à détordre les écheveaux, de M Nicolet et Blondel de Deville-lez-Rouen.

Sêchoir à écheveaux de Tulpin, de Rouen. — Pour mieux saisir les différents mouvements de cette machine, un mot sur le travail manuel du tordage devient nécessaire. Les écheveaux sortant du bain de teinture doivent être débarrassés de l'excédant de liquide qu'ils contiennent. A cet effet, on suspend l'écheveau à une cheville fixe, placée au-dessus d'un bassin recueillant le liquide à epxrimer, ensuite, passant entre les deux brins restés libres, une cheville ou broche mobile, on soumet l'écheveau à une torsion, poussée au degré jugé convenable.

Après cette première operation, qui constitue le tordage, on abondonne à lui-même l'écheveau qui, par l'effet de la torsion qu'il vient de subir revient à son point de départ; ceci constitue le détordage. On répète cette opération sur le même écheveau autant de fois qu'on le juge nécessaire, en changeant de place les points qui étaient primitivement engagés sur les chevilles et par conséquent, moins exprimés que les points milieux.

Le travail manuel qui paraît fort simple en lui-même, offre cependant certaines difficultés pour être rendu automatique, car : 1° Les écheveaux n'étant pas de grandeur uniforme, la machine doit pouvoir les saisir indistinctement et sans perte de temps; 2° la torsion devant être en rapport soit avec la longueur de l'écheveau, soit avec la force du fil, il faut pouvoir la limiter au point de ne pas rompre les fils; 3° la torsion obtenue, la machine doit ramener l'écheveau juste à son point de départ, c'est-à-dire, tel qu'il a été placé au début.

La machine qui nous occupe et que nous avons vue fonctionner, remplit très-exactement les conditions voulues pour remplacer le travail à la main. N'ayant à considérer que la machine en elle-même, nous n'avons pas tenu compte de son prix d'installation, ni de la force motrice employée. Nous pouvons dire cependant qu'en dehors de son parfait fonctionnement, le principal avantage que nous lui avons reconnu, est de pouvoir être desservie par le premier ouvrier venu. Après cet exposé la description de la machine suffira pour s'en rendre un compte exact (pl. XV fig. 1). *Pour la légende de la fig. 1 pl. XV voir à la fin de l'ouvrage.*

Les appareils que nous venons de voir sont destinés à sécher les pièces ou les échevaux dans des locaux ordinaires, MM. Tulpin ont imaginé un appareil spécial destiné à cet usage (pl. IX fig. 1, 2, 3, et 4).

Cette machine est formée d'une chambre close, fonte et bois, ne laissant de passage que pour l'entrée et la sortie des écheveaux. L'intérieur est chauffé à une température variant entre 35 et 70 degrés, à l'aide d'un chauffage par la vapeur, combiné avec des ventilateurs agitateurs produisant, sur les écheveaux à sécher, l'effet du vent, ouvrant les fils et aidant au séchage. Un ventilateur aspirateur enlève les vapeurs dégagées durant le séchage et fait le renouvellement de l'air.

A l'intérieur de la chambre, deux chaînes fonctionnent sans fin, dans des directions leur donnant le plus grand parcours possible. Ces chaînes portent les extrémités de trois bâtons, lesquels, portant les écheveaux à sécher, sont placés par un ouvrier en dehors de la chambre et ressortent secs du bout opposé. Le séchage obtenu est rapide et donne le toucher de celui obtenu à l'air sans soleil. L'ouvrier étant placé en dehors de la machine n'est nullement incommodé par la chaleur.

Cette machine s'applique au séchage des écheveaux de coton, blanchis, teints

en toutes couleurs ; aux écheveaux de laine, blancs ou de couleurs et à ceux de lin blanchis ou de couleurs.

Elle se construit à quatre dimensions : 1° Longueur de $14^m,50$, portant 85 bâtons porte-écheveaux, et donnant une production de 2,400 kilog. par journée de douze heures ; 2° longueur de 12 mètres, portant 70 bâtons porte-écheveaux, et donnant une production de 1,800 kilog. par journée de douze heures ; 3° longueur $9^m,50$, portant 54 bâtons porte-écheveaux, et donnant une production de 1,300 kilog. par journée de douze heures ; 4° longueur de 7 mètres, portant 30 bâtons porte-écheveaux, et donnant une production de 900 kilog. par journée de douze heures. Les productions indiquées ici sont basées sur des écheveaux de coton après blanchiment.

Séchoir à tambours en tôle étamée (pl. X, fig. 1). — Les pièces convenablement essorées, sont séchées à l'air chaud ou froid, suivant que l'on a ou non des étentes à sa disposition ; mais dans bien des cas, il faut avoir recours à un autre moyen : on emploie alors le séchoir à tambour dont je donne ici un spécimen. Un appareil dans le genre de celui-ci et à 3 largeurs, peut sécher 20 pièces de 100 mètres dans 1 heure, ou 24 à 25,000 mètres dans une journée ordinaire de travail (pl. X, fig. 1).

Avant de passer les pièces sur le séchoir, on a soin d'en enlever le plus d'eau possible et l'on arrive à ce résultat soit par la presse à exprimer ou par les essoreuses, hydro-extracteurs, paniers, etc., j'en ai déjà traité au sujet du blanchiment. Dans ces appareils la pièce est essorée ou exprimée *en boyau* ; on emploie depuis peu de temps, l'*essoreuse au large*, elle est formée d'un cylindre horizontal sur lequel on enroule le tissu à essorer. Ce cylindre est ensuite mis en mouvement à l'aide d'une commande par friction à vitesses variables que par conséquent on peut augmenter progressivement. On emploie cette machine pour les tissus épais, moleskines, velours, draps de laine et toute espèce de tissus sujets à contracter de faux plis par l'essorage dans les paniers.

Les écheveaux s'essorent d'une façon particulière et M. Corron avait exposé une nouvelle essoreuse en bâtons et à fils droits dont voici la description. L'essoreuse à fil droit Corron consiste en un plateau circulaire horizontal muni à son centre d'un arbre vertical destiné à le mettre en mouvement. Les écheveaux tout mouillés sont placés par couches successives sur ce plateau avec leurs bâtons ou lisoirs, qui sont retenus par deux équerres, et un bras de force au milieu. Tous les fils obéissant à la force centrifuge sont débarrassés du liquide et sont ensuite remis parallèlement.

Les avantages de l'essoreuse sont donc : 1° Suppression du tordage à la main ; 2° du dressage ; 3° du remettage en bâtons ; 4° de la pression, toujours nuisible au point de vue de la porosité du fil ; 5° traitement supérieur, le nombre des opérations étant diminué. De plus, l'égal chargement de cette essoreuse, étant des plus faciles, permet d'éviter les rotations irrégulières qui amènent de grands frais de réparations.

Je crois que cet appareil dont le maniement est des plus simples, est appelé à rendre de grands services à la teinture,

Apprêts.

Les apprêts se font presque toujours à chaud ; aussi se sert-on des chaudières analogues à celles employées dans les cuisines aux couleurs. Depuis un certain temps on a introduit un nouveau genre d'appareil qui, dans le cas très-fréquent d'apprêts minces, rend de très-grands services. Cet appa-

reil se compose simplement d'une chaudière fermée, en cuivre, laquelle est munie de 6 robinets, l'un en bas D pour la vidange; l'un au milieu du dôme pour l'introduction des matières à cuire, à côté de celui-ci le robinet d'entrée de vapeur C et le robinet de sortie d'air A; au milieu de l'appareil en B et H, 2 robinets indicateurs du niveau intérieur du liquide.

Voici comment on fait fonctionner l'appareil :

1° Ouvrir le robinet fixé au bout du tuyau A qui prend naissance sur le dôme de l'appareil, et le laisser ouvert pour l'échappement de l'air froid, jusqu'au moment où l'on voit arriver la vapeur;

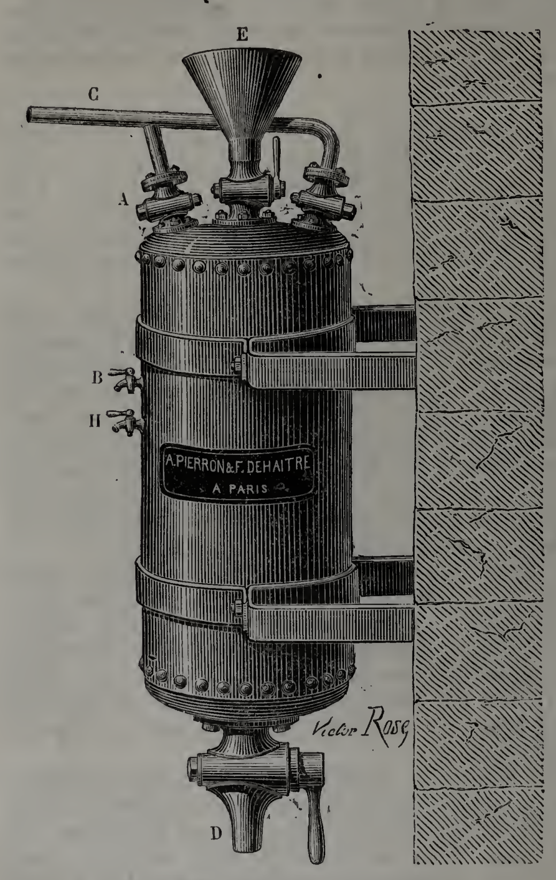


Fig. 20. — Appareil pour apprêts.

2° Emplir d'eau l'appareil jusqu'à ce qu'elle coule par le robinet supérieur B du niveau d'eau, qui indique 60, 80, 100 et 150 litres suivant la capacité;

3° Ouvrir doucement le robinet de vapeur C pour chauffer l'eau progressivement. Lorsqu'elle sera suffisamment chaude pour délayer les matières composant l'apprêt, ouvrir de nouveau le robinet supérieur et laisser sortir l'eau jusqu'à ce niveau;

4° Refermer ce robinet et ouvrir celui de vidange D pour extraire dans un vase spécial l'eau nécessaire pour délayer ces matières;

5° Mélanger et bien délayer est un point très-important;

6° Ouvrir doucement le robinet de vapeur A afin qu'en faisant passer au même instant par l'entonnoir supérieur E la composition délayée, elle ne vienne se loger dans le fond de l'appareil et obstruer le robinet de sortie D;

7° Fermer ensuite le robinet de l'entonnoir E pour que la colle ne puisse s'échapper;

8° Ouvrir de temps à autre le robinet souffleur A pour laisser fuir l'air dans le cas où il y en aurait encore;

9° Laisser la vapeur pendant 5 à 6 minutes suivant la pression qui existe dans la chaudière;

10° Fermer progressivement le robinet de vapeur C et extraire par le robinet de vidange D.

Les pièces, suivant les genres sont séchées à l'étente ou sur des séchoirs spéciaux. Il n'y a guère que le blanc et certains genres tout à fait particuliers qui soient encore séchés dans les étentes, la plupart des apprêts se font sur tambours ou sur rame.

Le tambour dont j'ai donné un croquis plus haut est ordinairement accompagné d'un appareil plaqueur qui peut donner, suivant les besoins, un certain genre d'apprêt ou un autre, ainsi, l'appareil suivant (pl. VIII fig. 1 et 2) peut apprêter la pièce en plein bain, ou bien n'apprêter que l'envers en laissant le tissu prendre l'apprêt par un foulard allant dans le même sens que celui-ci ou bien encore apprêter en garnissant la pièce, c'est-à-dire que le rouleau fournisseur d'apprêt marchant en sens inverse de la pièce fait pénétrer de force l'apprêt dans le tissu.

Pour ce qui est des apprêts dits brisés ou éraillés, on emploie les rames soit à picots, soit à pinces. Ces machines sont celles avec lesquelles, dans une seule opération, on fait subir au tissu les traitements suivants :

Élargissement à la laise demandée.

Mise en fil droit.

Déraillage brisant l'apprêt et séparant les fils.

La rame à pinces par exemple est composée de la manière suivante : 1° Deux chaînes mobiles sans fin, formées de pinces articulées avec mâchoires en cuivre dont l'action augmente sous l'effet de la tension exercée par le tissu, par suite de leur construction particulière, s'ouvrent et se referment mécaniquement pour saisir les lisières des tissus présentées par l'ouvrier et pour s'en dessaisir en temps opportun;

Leur écartement, variable à volonté, suivant la laise des tissus, se règle d'un seul coup dans toute la longueur. La variation de la plus petite à la plus grande laise est de $0^{m},80$ environ; 2° un chauffage par tuyaux ou par plaques à vapeur, placé directement en dessous des chaînes sans fin, opérant le séchage du tissu pendant qu'il est ramé ; 3° le tambour sécheur de $1^{m},500$ de diamètre complétant le séchage général et celui des lisières ; 4° l'appel avec faudage mécanique; 5° la commande à vitesse variable par friction.

La production pour une longueur de rames de 10 mètres combinée avec le tambour sécheur est de 600 à 800 mètres à l'heure environ, en agissant sur des calicots imprimés.

Les rames ont déjà subi de nombreuses transformations, et chaque jour amène de nouveaux perfectionnements; nous avons remarqué à l'Exposition, la rame à pince, à serrage automatique, de M. Hertzog, de Reims. Cette rame est spécialement applicable à l'apprêt des tissus de laine ; quant au système de pinces, il peut être utilisé dans toutes les variétés de rames.

Parmi les autres appareils à apprêter la laine et le coton, je vais encore indiquer l'apprêteuse de MM. Pierron et Dehaitre, laquelle est munie de l'élargisseur Palmer. Elle se compose de deux machines qui sont employées séparément: (Pl. XVI fig. 1 et fig. 2).

1° La machine à apprêter se compose d'un grand cylindre en cuivre, chauffé à la vapeur ; sur ce cylindre, un feutre sans fin qui est entraîné et conserve la même vitesse. Le tissu est introduit entre le cylindre et le feutre, il se sèche par contact, mais comme il est maintenu par la tension du feutre, il conserve la même largeur. L'apprêt que l'on obtient avec ce système est bien supérieur au séchage ordinaire sur tambour ou sur rame, la vapeur qui se forme pendant le contact et qui se trouve emprisonnée, sépare les filaments du tissu, il conserve plus de main, de moelleux, et dans les matelassés, le grain est complétement à l'endroit.

Devant la machine à apprêter, se trouve l'appareil élargisseur Palmer, com-

posé de deux couronnes recouvertes d'une garniture de caoutchouc et de chaînes sans fin, avec maillons plats d'une forme originale ; le tissu est introduit entre les deux couronnes garnies de caoutchouc et les chaînes conductrices. Ces couronnes, montées sur des disques mobiles, peuvent se déplacer suivant la largeur du tissu, et l'élargissement que l'on veut obtenir. Lorsque le tissu a fait le parcours de la chaîne, il abandonne la couronne pour s'introduire dans la machine à apprêter entre le feutre et le cylindre, et il conservera sa largeur.

Comme les plateaux porte-chaînes composant l'élargisseur ont les commandes indépendantes et que chacun d'eux peut marcher à une vitesse différente, il est facile de redresser la trame du tissu et de régulariser les lisières. Cette machine donne un très-bon rendement pour les tissus laine et mélanges à apprêter au large et pour les cotons imprimés, tels que mouchoirs, écossais, carreaux, etc.

Un intéressant petit appareil concernant non-seulement les apprêts, mais en général toute opération exigeant un enroulage mécanique, était exposé par Delacroix, de Deville. Quand on enroule *mécaniquement* une pièce quelconque, la vitesse varie avec la grandeur du rouleau. Cette vitesse *augmente* pour le rouleau que l'on *déroule*, tandis qu'elle *diminue* pour le rouleau ou la bobine que l'on *enroule*. C'est pour remédier à cet inconvénient assez grave dans certains cas, qu'a été imaginé cet appareil.

L'apprêt, une fois sur la pièce, il faut procéder à l'humectage, car le tissu est devenu trop sec par suite du séchage, et il n'est guère possible de dessécher assez peu et assez régulièrement pour éviter l'humectage. On se sert alors d'humecteuses ; le système le plus ancien consiste en une caisse placée au-dessus de la pièce à humecter. Dans cette caisse, se meut une brosse qui plonge dans une certaine quantité d'eau, et qui, par le mouvement que lui donne une courroie, asperge l'eau sur la pièce. Cet appareil présente un grand inconvénient ; d'abord il arrose irrégulièrement, et ensuite il se forme souvent des taches produites par les gouttes d'eau lancées par la brosse. Quand il s'agit de genres délicats ou dont le teint n'est pas solide, on comprend quels graves inconvénients ce système présente. Il y a encore d'autres systèmes de ce genre (1), mais le meilleur et le plus récent est l'humecteuse à air comprimé de Welter. Au moyen de cet appareil, l'eau est pulvérisée et forme un véritable brouillard ; sans en donner une description, il sera facile de comprendre le principe de cette machine, en supposant que l'on fasse fonctionner simultanément, et sur une même ligne, 12 ou 15 petits injecteurs dans le genre de ceux qui sont si en vogue aujourd'hui pour parfumer les appartements. L'eau, dans ce cas, ne produit pas de gouttes, mais une poussière très-fine qui pénètre beaucoup mieux dans le tissu et agit par conséquent plus efficacement.

Les pièces humectées subissent alors, suivant que l'on désire, un apprêt glacé ou lustré ou mat ou encore d'autres opérations. On les passe au cylindre ou calandre quand on veut obtenir le brillant. Le cylindrage ou calandrage fait mécaniquement ce que font encore manuellement de nos jours les peuples primitifs. Le Sénégal avait exposé une sorte de calandre appelée *Taparka*, et qui se composait d'un billot de bois, découpé comme l'indique la figure 21.

On place ce billot sur les genoux, la pièce à lustrer est placée entre les deux petites têtes qui se trouvent de chaque côté du billot. Comme ce dernier est bombé, la pièce forme une courbe, et c'est avec une pierre dure que l'on frotte la toile sur la partie courbée. Quand le tissu a acquis le luisant voulu, on tire à soi et on continue ainsi l'opération. Les Chinois emploient un autre moyen, qui rappelle beaucoup notre mangle ou appareil à moirer. Ils enroulent leurs

(1) Voir *Rapport sur les industries chimiques*, par P. Dosne, p. 163.

pièces sur une boîte, puis la posant à terre, ils la couvrent d'un bloc d'une certaine longueur, un ouvrier placé debout sur ce bloc, a soin de placer ses jambes aux extrémités du bloc; en se penchant, soit d'un côté soit de l'autre, son poids fait jouer le rouleau où est la pièce qui se trouve rendue luisante par le frottement.

Un des nouveaux appareils destinés à donner aux tissus l'aspect de la soie. est la maillocheuse ou machine à beetler. MM. Mather et Plätt en avaient exposé une dans la section anglaise : sa construction diffère de celles employées jusqu'à ce jour. Dans la machine ordinaire, une série de rouleaux pilons en bois tombe sur un autre rouleau sur lequel est enroulé le tissu à beetler. La chute de ces pilons, qui sont très-lourds et tombent par leur propre poids d'une certaine hauteur, écrase le tissu et donne ainsi du grain et de la souplesse à l'étoffe.

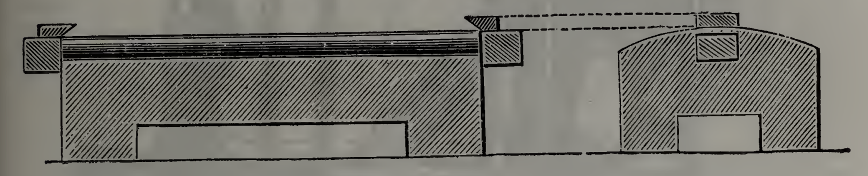


Fig. 21. — Taparka.

Dans la machine anglaise, imaginée par M. Patterson, les pilons ne sont pas libres, ils sont entraînés par une excentrique, et le tissu ne peut pas opposer de résistance, de sorte qu'au bout d'un certain temps de fonctionnement, il pourrait se faire que l'étoffe se trouve fatiguée. Cette machine est encore trop nouvelle pour que l'on puisse en juger; ce n'est que l'expérience qui permettra d'en faire une saine et juste appréciation. Au point de vue du rendement, une machine de ce genre remplace 3 machines ordinaires et emploie 6 chevaux de force. La machine à 21 marteaux, est, d'après le constructeur, l'équivalente de 5 machines maillocheuses ordinaires et ne demande que huit chevaux de force.

Les Anglais emploient aussi des maillocheuses frappant, non sur un rouleau, mais sur une table métallique, à l'instar d'un marteau-pilon frappant sur son enclume. On place sous les marteaux la pièce préalablement pliée, et l'ouvrier la fait mouvoir à la main jusqu'à ce qu'elle soit suffisamment *beetlée.*

Après ces diverses opérations, la marchandise est terminée, il ne s'agit plus que de lui donner la forme marchande. C'est alors que l'on se sert de la machine à métrer, pliant la pièce et indiquant en même temps le métrage. C'est Harrison qui construisit la première machine à plier et métrer; mais elle est à peu près abandonnée aujourd'hui, car les longueurs indiquées ne correspondaient pas aux longueurs réelles, de sorte qu'il y avait perte ou pour le vendeur ou pour l'acheteur. Cet inconvénient provenant de la courbure du plateau sur lequel se mètre la pièce, M. Delacroix, de Deville avait exposé une plieuse, où cet inconvénient n'existe plus, par suite d'une modification radicale dans l'appareil. Le plateau est horizontal, et chaque mouvement de pliage du va-et-vient ne peut donner qu'une seule et même longueur. M. Delacroix avait aussi exposé une machine à plier en deux, où l'on peut très-facilement plier toutes les laises, et aussi *avantager* le tissu, c'est-à-dire donner à un des côtés pliés plus de largeur qu'à l'autre. Cette machine est d'un usage fréquent dans la rouennerie, la doublure, les lainages, etc.

L'Exposition nous a encore permis d'étudier toute une série d'appareils nouveaux, qui se rapportent tous, si ce n'est à la toile peinte, en tous cas, aux industries qui s'y rattachent. Nous indiquerons, entre autres : l'élargisseuse

Lacassaigne (1); la machine à tirer à poil, de Delamare et Chandelier; la machine à lainer de Lacassaigne ; la machine à tirer à poil avec dessins de M. Nos d'Argence; la machine à glacer sans apprêt, les fils de coton, laine, soie, etc., de Delamare Deboutteville, et nous terminerons ce chapitre par la description de chacun de ces appareils.

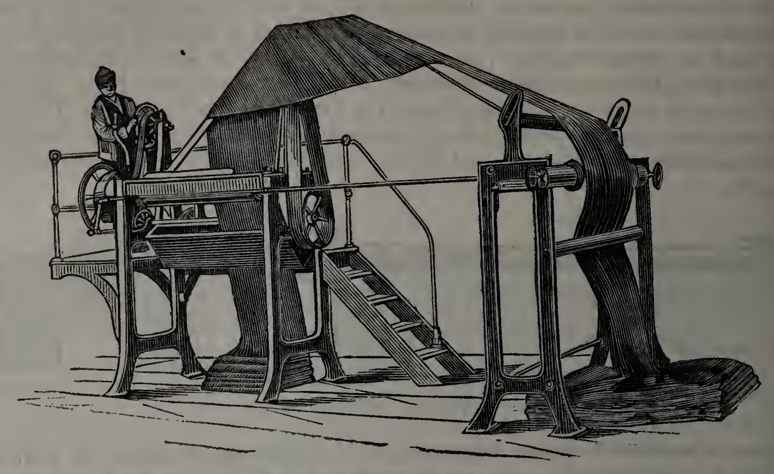


Fig. 22. — Machine à doubler.

Machine à élargir les tissus, système A. Lacassaigne (pl. XI, fig. 1, 2 et 3). — Cette machine est destinée à élargir les tissus de toute nature ; elle peut se placer devant un séchoir (pl. XI, fig. 1, 2, 3 et pl. XII fig. 1 à 8) ou fonctionner seule et est d'un emploi facile. Sa marche est continue, l'élargissement se règle sans arrêter la machine. Elle a l'avantage sur les machines employées jusqu'à ce jour de n'employer que très-peu de place, soixante-cinq centimètres suffisent au-devant du séchoir, et ensuite de coûter beaucoup moins cher. Dans le sens de la argeur, on peut lui donner toutes les dimensions que l'on veut.

Deux bâtis M (pl. XI fig. 1) placés à une distance de $1^m,855$ l'un de l'autre, servent de support aux arbres sur lesquels sont calées la commande et les diverses pièces principales de l'appareil. L'arbre inférieur N reçoit d'un bout la roue I qui donne le mouvement à l'arbre de commande des systèmes d'élargissage. Ce mouvement se communique au moyen du pignon G engrenant avec la roue *e*, commandant les disques élargisseurs F.

La roue *e* tourne folle sur la douille ou manchon E, qui est arrêté sur l'arbre D par une clavette *a* et est mobile dans le sens de la longueur, sous l'action d'une vis V à filets à droite d'un bout et à gauche de l'autre bout. La roue *e* entraîne dans son mouvement le disque élargisseur F au moyen de quatre tiges en fer *o* appelées doigts d'entraînement. Sur la douille E vient également se placer un support H sur lequel on fixe en *r* et *r'* les guides servant à ouvrir et fermer les pinces *i* qui saisissent l'étoffe à son passage dans la machine. Ces pinces *i* se mouvant ainsi automatiquement sont placées au nombre de 31 sur la circonférence extérieure du disque élargisseur F, qui est à pans, afin que l'on puisse faire l'ajustage desdites pinces *i*.

Ainsi par suite de la disposition que je viens d'indiquer, c'est-à-dire par suite de l'ajustage : 1° du disque élargisseur F ; 2° de la roue *e* ; 3° du support H, sur

(1) *Bulletin de la Société industrielle de Rouen*, 1877.

la douille E, quand celle-ci prendra un mouvement de translation horizontal, il en résultera un mouvement correspondant de toutes les pièces avec lesquelles elle est ajustée. De plus, suivant les exigences du travail, il est nécessaire que les disques élargisseurs F puissent prendre une inclinaison plus ou moins grande sur la douille E. A cet effet, cette dernière est munie de deux oreilles *p*, venues de fonte avec E, dans lesquelles s'ajuste une vis sans fin *g* engrenant avec un segment fileté *s*, qui permet ainsi d'obtenir l'inclinaison voulue (pl. XII fig. 1, 2 et 3).

Dans cet état, la machine peut élargir, mais l'étoffe qui n'est pas soutenue entre les disques F subit un élargissement fort inégal. Afin de remédier à ce défaut, on a calé fixe sur l'arbre D au milieu de la distance régnant entre les douilles E un premier disque R. Ce disque est percé de quatre ouvertures 1, 2, 3, 4, dans lesquels passent les doigts d'entraînement S, provenant de deux autres disques P réunis aux douilles E au moyen d'une platine en fer Z. Lorsque la machine est en mouvement, afin que les disques P et R puissent y participer, on a fait butter les doigts *o* de la roue *e* contre quatre taquets en fer T. Chaque disque P a quatre taquets et deux doigts d'entraînement (pl. II et V), Enfin, lorsque les douilles E se rapprochent, les disques P se rapprochent également du disque du milieu R.

Sur chacun de ces disques, on a rivé une feuille de cuivre rouge ayant deux millimètres d'épaisseur, formant ainsi un cylindre sur lequel passe l'étoffe tangentiellement. Lorsque les douilles E se rapprochent, les cylindres extrêmes doivent venir s'emboîter dans celui formé sur le disque du milieu R, et cela sans qu'il puisse produire de saillies par suite de la différence des diamètres, A cet effet, on a découpé de chaque côté du disque R, dans la feuille de cuivre. 14 ouvertures etc., et on a rivé les 14 lames qui en provenaient sur chacun des cylindres extrêmes. De cette façon, lorsqu'il y a rapprochement, il n'y a plus de saillies et l'étoffe est mieux soutenue, l'élargissement est plus régulier.

Voici quelques détails sur les pièces principales de cette machine :

Arbre D. Cet arbre est en fer tourné en entier et ayant la forme indiquée (pl. XII fig. 1, 2 et 3). Il est rainé à sa partie supérieure sur toute sa longueur et à sa partie inférieure on a ménagé une autre rainure plus grande, terminée dans le haut circulairement. Dans cette dernière vient s'engager un petit écrou en bronze ou coussinet (pl. XII fig. 8) qui pénètre dans l'ouverture X ménagée dans la douille E (pl. XI fig. 2 et 3). Ce petit écrou est fileté et la vis *v* y pénètre. Par suite de cette disposition, quand on fait tourner la vis, l'écrou avance et entraîne avec lui la douille E et tout le système élargisseur. A chaque extrémité de l'arbre on a rapporté une rondelle en fer fixée avec vis.

Douille E. Cette douille est en fonte, percée d'une rainure dans laquelle pénètre la clavette (pl. XI fig. 2). Elle reçoit au moyen d'une portée d'ajustage, le support H, et deux ouvertures filetées K permettent de fixer avec des vis le collier Y portant les disques élargisseurs (pl. XII fig. 7). Enfin, à sa partie supérieure on a fait venir de fonte deux oreilles *p* qui reçoivent la vis *g* au moyen de laquelle on fait incliner le disque F.

Support A (pl. XII fig. 5). Afin de commniquer le mouvement de l'appareil élargisseur au premier cylindre du séchoir devant lequel il est placé, on a fixé sur le bâti de la machine en B, un support A permettant de faire engrener les engrenages 1-2 (voir la vue en bout, pl. XII fig. 3). L'engrènement fait, on fixe le support A au moyen d'une vis C contre le bâti de la machine.

Disque élargisseur F (pl. XII fig. 1, 2 et 3). Ce disque est en deux parties ajustées sur le collier Y (pl. XII fig. 7) qui est vissé sur la douille E. Sa circonférence extérieure est munie de 31 pans destinés à recevoir les pinces *i*.

Enfin, il est percé de 4 ouvertures allongées dans lesquelles pénètrent les doigts d'entrainement *o* de la roue *e*.

Machine à tirer à poil en travers, ou *Machine laineuse transversale, garnissant et tirant à poil par mouvements alternatif et continu, de F. Delamarre et Chandelier* (Pl. XIV, fig. 7 à fig. 9). — Cette machine est une nouvelle application des chardons métalliques au grattage des tissus. Voici en quoi elle consiste :

Sur un bâti solidement établi A, est posée une série de rouleaux *a b c d e f g h* (pl. XIV fig. 7) sur lesquels glisse le tissu T, attiré dans le sens des flèches par le rouleau *h* garni de cardes et qui tourne par le mouvement de la machine. Afin que le tissu demeure tendu, il est retenu en sens inverse par le rouleau *b* également garni de cardes en sens inverse par le rouleau *h* et qu'il est obligé d'entraîner dans son mouvement ; un frein rend plus ou moins dur l'entraînement de ce cylindre et tend par conséquent plus ou moins le tissu. Les appareils travailleurs C C' . . . s'appliquent sur le tissu dans les parties tendues comprises entre les cylindres *g* et *f* et *d* et *c*. On voit que le travail est double afin de donner progressivement deux tirages à poil successifs dans deux sens différents, suivant le mode d'enroulement des chardons appartenant aux mêmes axes.

Tous ces chardons, ainsi que leurs nettoyeurs, sont portés sur un cadre E mobile dans le sens horizontal (pl. XIV fig. 8). Ce cadre est composé de deux glissières E E réunies à l'une des extrémités par la pièce F dans laquelle se meut le maneton de la manivelle horizontale H. Cette manivelle, mue directement par la transmission au moyen des arbres J et K, imprime donc aux glissières le mouvement horizontal de va-et-vient qui entraîne les chardons. Pour imprimer aux chardons et à leurs nettoyeurs D, placés au-dessus, les mouvements de rotation convenables, un arbre qui participe au mouvement de va-et-vient du cadre, auquel il est lié par les buttoirs L et L' (pl. XIV fig. 8) est relié à chacun des arbres des chardons C C' (pl. XIV fig. 9), au moyen d'une paire de pignons droits et d'une paire de pignons d'angle.

L'arbre G lui-même, qui est carré dans sa section à l'extrémité P de la machine, glisse horizontalement dans le noyau également carré de la poulie P dont il reçoit néanmoins le mouvement de rotation. Les nettoyeurs reçoivent leur propre mouvement des travailleurs par deux roues droites. Enfin, pour compléter la description de la machine, les rouleaux *g f* et *d c* sont portés deux à deux sur des montants verticaux B B' qui s'appuient sur les excentriques M et M' que l'on règle au moyen du levier N, (pl. XIV fig. 7) de façon à monter plus ou moins les cylindres accouplés *g f* et *d c* et à appliquer plus ou moins fortement le tissu contre les chardons.

Tel est l'appareil dont les produits paraissent réunir toutes les conditions pour un bon tirage à poil. Ce travail est suffisamment régulier dans toutes les parties du tissu et ne fatigue pas l'étoffe. Il serait difficile d'indiquer exactement les vitesses imprimées aux différents éléments de l'appareil, ces vitesses devant varier avec la nature plus ou moins intense du tirage à poil qu'on veut obtenir; toutefois on peut se baser comme production de la machine sur une vitesse de sortie du tissu variant entre 6 à 9 mètres par minute.

Machine à tirer à poil en travers, de M. A. Lacassaigne (Pl. XIII, fig. 1, 2, 3, 4 et 5). — Cette machine, d'une construction, d'un entretien, d'un fonctionnement et d'un réglage aussi simples que possible, se distingue de celles en usage jusqu'à ce jour, par les caractères principaux suivants : 1° Mouvement alternatif de va-et-vient parfaitement rectiligne et positif des organes étireurs ; 2° Embarrage très-bien combiné, pour assurer une tension uniforme du tissu soumis à l'action de ces organes et éviter ainsi les flottés qui, en se produisant,

comme cela a toujours lieu plus ou moins dans les autres machines à lainer en travers, donnent un garnissage irrégulier, et ont souvent même pour effet d'occasionner des déchirures dans l'étoffe.

Voici la description complète de l'appareil : Quatre planches en chêne $pp'p''p'''$ sont garnies en dessous de deux bandes de cardes disposées de telle sorte que l'une d'elles puisse se débourrer lorsque l'autre étire. Elles se meuvent horizontalement dans des glissières en fontes fixées à chacune de leurs extrémités à un petit bâti également en fonte, *a b c d e f g h* rendu solidaire au moyen de vis à bois avec une traverse T T′. Cette dernière est supportée par plusieurs montants venant s'assembler dans une semelle S S′ reposant sur le sol de l'usine. Enfin, pour donner plus de résistance à l'ensemble, des entretoises convenablement disposées ont été assemblées avec les montants (pl. XIII, fig. 1 et 2).

Afin de donner aux planches $p\ p'\ p''\ p'''$ un mouvement de va-et-vient, chacune d'elles est munie en dessus et vers le milieu d'une pièce en fer, dans laquelle vient se placer l'extrémité d'une tige G qui, au moyen d'une bielle calée sur un arbre F F′ reçoit le mouvement de ce dernier. Cet arbre F F′ est mu par une série d'engrenages A B C D commandés eux-mêmes par une poulie P fixée sur l'arbre du pignon D (pl. XIII, fig. 1 et 2). Les planches étirantes étant munies de leurs cardes, il s'agit d'embarrer l'étoffe de manière à ce qu'elle puisse être soumise à leur action. Cette opération est produite d'abord par la pièce M et les traverses *n o q*, puis ensuite au moyen de l'embarrage proprement dit, lequel est composé ainsi qu'il suit (pl. XIII, fig. 2).

Deux pièces de bois $a'\ a'$, terminées par une partie inclinée, sont rendues solidaires au moyen de deux traverses $d'\ d'$, et cet ensemble peut tourner autour d'un axe C′ (pl. XIII, fig. 1 et 4). A chacune des extrémités des pièces de bois d', d' on a ménagé une rainure r' (pl. XIII, fig. 5), qui permet aux traverses $e'\ e'$ (pl. XIII, fig. 3), de prendre un mouvement de translation horizontal (pl. XIII, fig. 5). Ce mouvement est donné au moyen de deux tiges en fer $t'\ t'$ (pl. XIII, fig. 3 et 5) filetées en sens inverse à leurs extrémités. Ainsi, lorsqu'on fait tourner les tiges t', chacune des pièces e' se rapproche ou s'éloigne des pièces de bois $a'\ a'$. Enfin, deux tiges filetées V′ V′ (pl. XIII, fig. 3 et 5) munies d'une manivelle, traversent chaque pièce e' et permettent d'élever ou d'abaisser une tringle $f'\ f'$ (pl. XIII, fig. 4 et 5) supportant des taquets y' destinés à empêcher l'étoffe de se froncer. On complète l'embarrage par quatre cylindres x' (pl. XIII, fig. 3, 4 et 5) revêtus de cardes et ayant à leurs côtés une tringle en bois z' qui force l'étoffe à se coller contre les cylindres x'.

Enfin, quand une pièce est étirée, il faut la faire suivre par une autre à étirer. Pour cela, on réunit la première à la seconde au moyen d'une épingle en cuivre ayant deux à trois millimètres de diamètre. Afin d'empêcher le contact de cette épingle avec les cardes $p\ p'\ p''\ p'''$ à son passage dans la machine, on abaisse l'embarrage. Pour produire ce dernier mouvement, à l'un des montants du bâti principal (pl. XIII, fig. 1 et 2), on a fixé au moyen de vis un coussinet o' dans lequel passe un arbre en fer supportant à son extrémité une espèce d'excentrique N. Cet excentrique vient se placer en dessous de l'une des traverses a' de l'embarrage. Enfin, l'autre extrémité de l'arbre susdit reçoit un levier R (pl. XIII, fig. 1 et 2), maintenu dans une position convenable au moyen d'un ressort Q.

Lorsqu'on veut faire abaisser l'embarrage, on dégage R de l'action du ressort Q ; l'excentrique N prend un mouvement de rotation autour de son axe et l'embarrage baisse pour permettre le passage de l'aiguille en cuivre. Cette dernière étant passée, on relève N et tout reprend sa position primitive.

Machine pour tirage à poil, avec dessin de Nos d'Argence (pl. XIV, fig. 2).

Étant donné, un tissu quelconque, uni, croisé, laine, coton, écru, imprimé, il s'agissait de faire ressortir sur ce tissu des dessins en creux ou en relief, par l'application d'un tirage à poil puissant sur certaines parties de l'étoffe, en laissant à l'état naturel des réserves destinées à former le fond, soit le dessin qu'on veut reproduire. Pour obtenir le tirage à poil, l'inventeur a appliqué la carde en fil de cuivre ou de fer à dents très-longues, flexibles et moyennement serrées. Ces cardes sont fixées sur un cylindre parfaitement rigide, horizontal, formant chardon et animé d'un mouvement rapide de rotation. Elles s'appuient plus ou moins fortement sur la surface du tissu qui doit être tiré à poil, et soulèvent au point de contact les fibres du textile de façon à donner au tissu, à cet endroit, une grande épaisseur et un fort velouté. Si, dans ces conditions, on fait progresser le tissu tangentiellement au chardon animé de sa vitesse de rotation, en ayant soin de maintenir constante et uniforme la pression du chardon contre le tissu, on conçoit qu'on pourra obtenir une étoffe ressemblant à un velours uni.

Il restait à obtenir les dessins et les réserves. Pour arriver à ce but, l'inventeur interpose entre le chardon et l'étoffe une mince plaque de métal percée, dont les vides correspondent aux parties destinées à être tirées à poil et les pleins aux réserves. Ces plaques sont de deux sortes différentes, suivant qu'on veut simplement obtenir des côtes dans le sens de la longueur du tissu, ou qu'on veut produire des dessins discontinus et généralement autres que des côtes rectilignes longitudinales.

Dans le premier cas, la plaque sera *fixe* et présentera la forme d'une *fraction* de cylindre dans l'intérieur de laquelle le chardon se mouvra tangentiellement au point de contact de la plaque avec le tissu. Dans le second cas, la plaque sera un *cylindre complet* d'un diamètre plus grand que le chardon. Le chardon sera complétement enveloppé par cette plaque, dans l'intérieur de laquelle il accomplira son mouvement de rotation tangentiellement au point de contact de la plaque avec le tissu. L'axe de la plaque sera placé dans le plan vertical qui passe par l'axe du chardon et au-dessus de ce dernier. La plaque sera *animée d'un mouvement* de rotation autour de son axe tel que son développement tangentiel soit égal au mouvement d'avancée du tissu.

Dans les deux cas (pl. XIV, fig. 3 et 4), le tissu sera maintenu constamment et appliqué extérieurement contre la plaque, au point de tangence du chardon, au moyen d'un cylindre de pression parfaitement rigide et animé d'un mouvement de rotation tel, que la vitesse de développement de sa surface soit la même que la vitesse dont on veut faire avancer le tissu. Les deux tracés de la (pl. XIV, fig. 3 et 4) donnent les positions respectives des organes que nous venons d'indiquer dans les deux cas que nous avons distingués.

A ce qui précède, nous pouvons ajouter que l'inventeur a eu l'idée de donner à sa machine une troisième propriété : celle de friser les étoffes en même temps qu'elle les tire à poil ; et pour cela il n'a eu qu'à disposer les organes travailleurs de façon à pouvoir imprimer au chardon, en même temps que son mouvement rapide de rotation, un mouvement de va-et-vient horizontal dans le sens de son axe. De cette façon, la fibre accrochée par les dents du chardon est promenée par ces dents suivant leur mouvement transversal alternatif ; et ce mouvement composé avec le mouvement longitudinal d'entraînement du tissu et par conséquent de la fibre elle-même, produit l'effet cherché. C'est surtout aux tissus de laine, dont les fibres sont longues et peuvent s'emmêler après le tirage à poil, que ce dernier travail est applicable.

Tels sont les principes de l'appareil de M. Nos d'Argence. Pour compléter cet exposé, il nous reste à décrire l'appareil tel qu'il a été construit par les soins de l'inventeur : la figure 2 pl. XIV représente une vue de côté de la machine, montée

pour tirer à poil des dessins autres que des côtes longitudinales, et par conséquent pourvue d'une plaque cylindrique complète et mobile. Il serait facile de substituer par la pensée, à cette plaque mobile, la plaque fixe dont on devrait se servir pour faire des côtes longitudinales. Cette substitution n'entraînerait la présence d'aucun organe nouveau.

Dans le cas qui nous occupe, c'est le tissu lui-même qui entraîne dans son mouvement et le cylindre de pression C et la plaque cylindrique percée P, P. Nous verrons tout à l'heure comment ces deux organes sont constamment pressés l'un contre l'autre et compriment suffisamment entre eux le tissu pour être entraînés par lui. Quant au mouvement imprimé au tissu, il est produit par le cylindre d'appel U garni de cardes, autour duquel s'enroule le tissu, et qui est mû par le train d'engrenages *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, commandé directement par la transmission.

Le chardon O est mû avec une vitesse de 500 tours environ par minute, au moyen de la poulie G commandée par la poulie M fixée sur l'arbre principal *a* de la machine. Il est porté par deux paliers H, qui peuvent s'élever ou s'abaisser au moyen de la vis J et de l'écrou I, de façon à appuyer plus ou moins fort le chardon contre la plaque percée et le tissu.

Une disposilion spéciale permet, dans le cas où l'on veut friser l'étoffe, de donner au chardon le mouvement horizontal de va-et-vient dont nous avons parlé plus haut. Cette disposition est la suivante : sur l'arbre moteur *a* qui traverse la machine d'un bâti à l'autre, et sur le bout opposé à la poulie motrice, est un pignon d'angle *a'* qui engrène avec une roue *b'*, fixée sur l'arbre *c'*. A l'autre extrémité de cet arbre est calée une manivelle *d'* qui par son mouvement de rotation, imprime au levier *d'*, *f'*, un mouvement de va-et-vient autour du point fixe *e'*. L'extrémité du levier se termine par une fourche engagée dans une rainure formée par deux disques fixes calés sur l'arbre du chardon. De cette façon, le chardon est entraîné par le mouvement de va-et-vient du levier en même temps qu'il accomplit son mouvement de rotation.

Nous venons de voir comment étaient transmis au chardon les deux mouvements de rotation et de va-et-vient, ainsi que le mode d'entraînement du tissu au moyen de la carde d'appel ; il nous reste à voir comment le tissu se trouve comprimé entre la plaque et le rouleau et détermine par entraînement la rotation de ces deux organes. Le rouleau C (pl. XIV fig. 2) est porté par deux montants verticaux K mobiles dans les glissières placées à l'intérieur du bâti. Ces montants sont portés sur une partie arrondie de la came Y. Cette came n'est autre que l'extrémité du levier QN mobile autour du point N. Il suffit de relever la poignée O du levier pour faire baisser le montant K et par suite le cylindre de pression.

Quant à la plaque, elle est maintenue dans sa position par les galets D, D, F, qui roulent dans une rainure pratiquée à ses deux extrémités cylindriques. Les deux galets DD sont portés par des axes fixes ; mais le galet F est fixé à un levier mobile X, au moyen duquel on peut faire varier la pression sur la plaque de haut en bas, et par conséquent l'adhérence de la plaque et du tissu au cylindre de pression C.

Enfin la partie B du bâti est mobile autour de la charnière E pour permettre l'enlèvement facile des différents organes travailleurs de l'appareil.

Cette machine peut fournir un développement moyen de tissu de $1^{m},50$ à $1^{m},80$ par minute, soit mille à douze cents mètres par jour.

L'entretien de la machine elle-même est fort peu de chose. L'entretien des chardons est la seule dépense sérieuse, ces chardons devant être souvent aiguisés et étant rapidement hors de service. Il ne ressort pas moins, d'une façon évi-

dente, qu'on peut arriver aujourd'hui, avec cet appareil, non-seulement à produire à bon marché et sur des tissus communs une imitation sérieuse des velours, mais encore obtenir des effets de velouté sur tissus imprimés qu'aucune combinaison mécanique de tissage n'a pu rendre jusqu'ici.

Machine à glacer sans apprêt, les fils de coton, de laine, de lin, chanvre, soie, retors écrus ou teints, etc. (pl. XIV, fig. 1). — Cette machine, d'une grande simplicité, glace les fils de toute espèce par frottage, c'est-à-dire qu'elle lisse autour du fil tous les filaments qui, en filature, n'ont pas été saisis entièrement par la torsion et se trouvent hérissés le long du fil. Cette opération écrase en même temps en poudre fine toutes les ordures ou petites feuilles sèches que le battage ou le cardage auraient laissées dans le fil, de telle sorte qu'elle nettoie considérablement le fil qui devient plus brillant et plus propre, n'ayant plus de velu ni d'ordures. Il est facile aussi de voir que le fil se trouve beaucoup plus rond et régulier à la sortie du frottage qu'à l'entrée. C'est là un fait qui surprendra certainement les personnes qui n'ont pas l'habitude de se servir de frotteurs, car il est très-sensible à l'œil ; le fil paraît rond comme un fil de fer et joue par sa régularité et sa rondeur, le fil retors en 2, 3 et 4 fils ; le retors à sec devient du retors mouillé, etc. Le fil y gagne en force, puisque tous les filaments viennent faire corps avec lui. On peut aussi glacer les fils après teinture, ce qui leur donne beaucoup d'éclat dans la nuance, et la rondeur obtenue change le grain de l'étoffe.

Le point essentiel de cette machine, c'est que l'opération du glaçage, ne coûte que très-peu de chose. En effet, l'opération étant intermédiaire, c'est-à-dire se faisant en même temps que le dévidage, quand on veut obtenir des écheveaux, ou en même temps que le bobinage, quand on veut obtenir des bobines de n'importe quel genre ou forme, il n'y a aucun excédent de main-d'œuvre pour obtenir les fils glacés.

Il y a un petit excédant de prix de revient provenant de l'intérêt de la dépréciation et de l'entretien de la machine, qui est plus coûteuse qu'un simple dévidoir ou bobinoir ordinaire. Il y a aussi un petit excédant de force motrice à employer, mais par une heureuse disposition de cette machine, le déchet devient nul ou presque nul, et c'est là un point qui permet de diminuer sensiblement l'écart qui, au premier abord, semble exister entre ces machines et celles qu'elles sont appelées à remplacer.

Les broches, en effet sur lesquelles sont posées les bobines sortant du métier à filer, sont *parfaitement centrées* avec l'anneau guide-fil du haut *sans jamais pouvoir se décentrer*, de telle sorte que le fil se dévide de sa bobine jusqu'au bout sur le tube de papier ou autrement, *sans casser* et sans nécessiter par conséquent le couchage des fonçets, comme on est forcé de le faire ordinairement, ce qui occasionne un surcroît de main-d'œuvre et beaucoup de déchet. Ce résultat est obtenu en mettant le pied des broches carré pour qu'elles ne tournent pas, et en le faisant passer par deux plates-bandes de métal écartées l'une de l'autre de 4 centimètres environ ; les trous de ces plates-bandes de métal sont bien exactement en face l'un de l'autre, de telle sorte que, fixée par ces deux points, la branche ne peut jamais que rester parfaitement droite et toujours centrée avec l'anneau du haut. Cette disposition peut aussi s'appliquer aux dévidoirs ordinaires, ce cas est prévu dans le brevet. On remarquera que la machine est munie d'une chignole de rechange pour le dévidage, de telle sorte qu'aussitôt la première chignolée faite, on l'enlève de dessus la machine, on y pose alors la seconde chignole et, lorsque la machine est en route, on chaine la première chignolée déposée sur un tréteau à côté. De cette manière, la machine n'est jamais arrêtée, l'ouvrier est toujours occupé

et la production augmente. On remarquera la construction et le mécanisme de la chignole.

La forme des excentriques et la disposition de leur commande permet d'arriver à une vitesse de 450 coups par minute. Une ouvrière mène facilement 2 machines de 30 broches, pendant qu'une ouvrière chaîne facilement 4 machines; donc 3 ouvrières pour 4 machines pour faire les gros numéros. Pour les numéros plus fins, une ouvrière peut conduire plus de 60 broches, soit 80 en les rapprochant. On peut glacer les fils les plus fins, comme aussi remplacer le moulinage ordinaire. Plusieurs fils glacés ensemble deviennent assez adhérents entre eux pour être employés sans s'écarter et cependant sans torsion commune.

REVUE DES EXPOSANTS. — DONNÉES STATISTIQUES CONCERNANT L'IMPRESSION ET LES TEINTURES. CONCLUSION.

Nous allons passer rapidement en revue les expositions individuelles, ce qui nous permettra de donner en même temps au lecteur quelques chiffres concernant l'importance de l'industrie qui nous occupe, dans les divers pays qui ont figuré à l'Exposition. Dans ce voyage, nous suivrons l'itinéraire tracé par la Commission dans sa distribution des pays et nous commencerons par la France. L'Allemagne s'étant abstenue dans cette lutte pacifique, nous devrions passer sous silence quelques observations relatives à l'Alsace, mais, *malgré l'état de choses actuel*, l'importance et surtout l'influence de la fabrication alsacienne nous obligent à en dire quelques mots, que nous ajouterons dans le cours de la section française.

France. — La fabrication de la toile peinte, ou pour dire plus correctement de l'Indienne est aujourd'hui limitée et ne se retrouve guère que dans la Seine-Inférieure. Il existe, il est vrai, quelques manufacturiers à Paris, Puteaux, Villefranche, Valence, Amiens, etc., mais le nombre en est si restreint que l'on peut dire que la toile peinte française a aujourd'hui son siège à Rouen. Il n'en est pas de même de la teinture sur écheveaux de coton. Quelle que soit la production de Rouen, Roubaix, Flers, Paris, Lille, Troyes, Saint-Étienne, etc., livrent des quantités considérables d'écheveaux teints, et cet article fait depuis quelques années une concurrence très-sérieuse à l'impression.

En 1869, l'impression en France, (Alsace et Normandie) etc., comprenait à peu près 35 usines avec 180 machines à imprimer, fabriquant environ 1,720,000 pièces de 100 mètres (1). En 1876, l'Alsace comptait encore 14 fabriques, faisant fonctionner 125 machines à imprimer, dont voici le détail :

	24	machines à	1	couleur.
	10	—	2	—
	8	—	3	—
	30	—	4	—
	20	—	5	—
	13	—	6	—
	10	—	8	—
	9	—	12	—
	1	—	16	—
Total.	125			

(1) D'après M. Grosselête, dans le *Bulletin de Mulhouse*, l'Alsace a produit en 1869 82537.934 mètres. Voir le *Bulletin*, annexe de l'exposition de Mulhouse, page 75.

Depuis, ce nombre a considérablement diminué (1).

La France, réduite à ses limites actuelles, comptait en :

1877	27 usines	avec 82 machines à imprimer.			
1879	24 —	— 72	—	—	
Soit....	3 de moins	avec 10 machines en moins.			

Je n'ai pas à rechercher la cause de cette notable diminution qui représente sur la quantité des machines en fonction, 13 % des appareils employés, toujours est-il que la stagnation des affaires et l'influence des traités de commerce, peuvent être considérées comme étant l'une des principales causes de cette diminution. Les 27 usines exploitées en 1877, comptaient :

16	machines à	1	couleur.
10	—	2	—
14	—	3	—
35	—	4	—
1	—	5	—
2	—	6	—
3	—	8	—
1	—	12	—
Soit...... 82	rouleaux à imprimer.		

Ces machines se répartissaient, sur ces 27 fabriques, de la façon suivante :

4	fabriques ayant	1	machine	= 4	machines.
6	—	2	—	= 12	—
8	—	3	—	= 24	—
5	—	4	—	= 20	—
2	—	5	—	= 10	—
2	—	6	—	= 12	—
27	fabriques.			82	machines.

En 1879, il n'y a plus que 24 usines, comptant 72 machines à imprimer réparties ainsi :

14	machines à	1	couleur.
9	—	2	—
13	—	3	—
29	—	4	—
1	—	5	—
2	—	6	—
3	—	8	—
1	—	12	—
Total....... 72	machines.		

Ces usines peuvent se classer de la façon suivante :

4	usines avec	1	machine	= 4	machines
4	—	2	—	8	—
9	—	3	—	27	—
3	—	4	—	12	—
3	—	5	—	15	—
1	—	6	—	6	—
24	—		avec	72	machines.

Le département de la Seine-Inférieure renferme en lui seul en 1879, 14 de ces usines fabriquant spécialement la toile peinte : nous voyons à quelles

(1) En 1879, l'Allemagne tout entière comptait 220 machines à imprimer d'après l'*Exposé fait au Reichstag* par M. Grad, député de Colmar.

minimes proportions en est réduite cette industrie et sur quelle pente fatale elle se trouve, surtout si l'on considère l'accroissement continuel des fabriques d'indiennes en Angleterre et surtout en Espagne et en Russie où les droits permettent de lutter avec la concurrence étrangère. Aussi nos usines avec 5 ou 6 machines à imprimer nous paraissent des usines de 1er ordre, et le sont en effet en France, tandis qu'en Angleterre, nous voyons des imprimeries ayant 55 machines; une des usines d'Amérique, dit-on, à Rhode-Island possède à elle seule plus de machines à imprimer que n'en compte la France entière.

Voici aussi approximativement que possible quelques données sur la consommation et la production de la Seine-Inférieure en 1875 (ces chiffres sont extraits de la *Statistique générale des mines, Industrie progressive* du 25 juin 1876, *Bulletin de la Société industrielle de Rouen, la Seine-Inférieure* par Corneille, *les* rapports *de la Chambre de commerce de Rouen* des années 1875, 1876, 1877, 1878).

14 fabriques d'indiennes faisaient fonctionner 45 machines à imprimer (il n'est question ici que de rouleaux : les planches plates, perrotines ou impressions à la main disparaissant de jour en jour et ne fournissant qu'une production minime).

Ces diverses usines occupaient 7,500 ouvriers, le salaire moyen était de 2f,20 pour les hommes et 1f,40 pour les femmes. Les produits chimiques et tinctoriaux employés se sont élevés à la somme de 10 à 12 millions de francs approximativement.

La production moyenne est de 75,000,000 (millions) de mètres représentant 6,750,000 kilos de coton, pour lesquels il a fallu 45 millions de kilos de charbon valant un demi million de francs. Cette quantité de combustible fait mouvoir 40 machines à vapeur d'une force totale de 500 chevaux vapeur que desservent environ 130 chaudières. Les autres usines de France (Puteaux, Claye, Villefranche, Valence, etc.), n'entrent que pour une quantité relativement minime dans la production française dont Rouen est aujourd'hui le centre.

La teinture occupe un plus grand nombre d'usines, mais sa production ne représente pas un chiffre d'affaires aussi considérable, quoique depuis quelques années son importance se soit accrue d'une façon notable. Il y a en France diverses localités où l'industrie de la teinture s'exerce sur une grande échelle, mais les données relatives au nombre d'usines nous font défaut et nous ne pouvons indiquer que les quantités concernant Paris, Elbeuf, Rouen. Paris et ses environs comptent à peu près 250 teintureries en tous genres. Elbeuf et Orival qui teignent spécialement la laine avaient 17 teintureries en 1875, Rouen comptait 67 teintures en 1874. La valeur des produits teints s'élevait à environ 10 millions de francs. L'impression et la teinture figurant dans deux classes distinctes, nous ne nous occuperons pas de cette classification et nous allons passer en revue chaque exposant suivant qu'il s'est présenté à notre examen.

S. Gravitz, à Paris. — Noir d'aniline en tous genres, sur écheveaux et coton en laine. Procédés spéciaux pour teinture et impression de noir d'aniline inverdissable.

Keittinger et fils à Rouen. — Belle exposition, une des meilleures de la section française. Meubles riches à la main et au rouleau, fonds blancs, foulards à 5 et 6 couleurs. Deuils, bleus rongés, bleu à l'hydrosulfite, genre garancines, vert céruléine; dans les meubles, plusieurs sujets parfaitement réussis; entre autres une chasse. Cette maison est une de celles qui ont fait le plus de progrès depuis quelques années, progrès dûs à l'habile direction technique de M. P. Richard. Production environ 110,000 pièces, 5 machines à imprimer, une des seules usines de France ayant des rames a installé en 1868 la 1re machine à 8 couleurs de Normandie.

Lenormand, à Rouen. — Cotons teints en toutes nuances. Fabrication régulière. Bleus, violets, jaune, etc.; rouge Andrinople.

Lacassaigne et Cie à Saint-Aubin près Rouen. — Jupons, caracos, percales, finettes, article doublure, mignonnettes, articles pour chapellerie, coutils unis. Pilous, teintures diverses; bleus rongés. M. A. Lacassaigne a introduit plusieurs nouveaux appareils pour la préparation et l'apprêt des tissus dont nous avons parlé précédemment.

H. Renault à Darnétal près Rouen. — Genre principal, mouchoirs de tous genres, surtout en noir d'aniline avec chamois, mouchoirs à vignettes destinés à l'instruction militaire; cravates maïs; 2 machines à imprimer.

Adenat et Masquelier à Deville-les-Rouen. — Futaines, pilous, lastings, croisés forts, moleskines très-réussies, surtout d'apprêt. Cretonnes, violets d'Alsace, satins, cachous, noir inverdissable; production 4,000,000 de mètres; 3 machines à imprimer; genres grattés, procédé Delamarre, etc, etc.

Hazard fils et Horaist à Malaunay près Rouen. — Croisés ordinaires, cretonnes, longottes, percales, Alsace 20 fils et 16 fils en fond blanc. Meubles de 1 à 8 couleurs sur croisé, cretonne, natté, sergé, reps quadrillé, etc.; quelques dessins à 8 couleurs avec effets de gravures et superpositions rendant de 20 à 25 nuances diverses; gris d'alizarine à l'urane, verts de céruléine et Cosoli; bistre rongé rouge, gris à l'aloés et aux sulfures organiques pour impression, avec rouge alizarine et bleu d'anthracène. Spécimens sur calicot de noir inverdissable par teinture en une opération.

Daliphard à Radepont (Eure). — Une des usines fabriquant le plus relativement au nombre de machines en fonctions; 6 machines à imprimer produisant environ 130 à 140,000 pièces de 100 mètres. Meubles ordinaires, bleus rongés, indienne courante, articles bon marché, fond blanc, etc.

Girard et Cie à Deville-les-Rouen. — Impressions sur velours coton, meubles riches; mouchoirs rouges, teinture réservant le noir d'aniline; meubles fond rouge alizarine avec noir aniline, verts mousse, indiennes et dessins pour chemises; cravates et mouchoirs divers; 5 machines à imprimer, production approximative 50 à 60,000 pièces.

Lemaître, Lavotte et fils à Bolbec (Seine-Inférieure). — Une des grandes usines de Normandie, filature, tissage et impression; 4 machines à imprimer qui ont produit jusqu'à 11,000,000 de mètres dans une année. Meubles à 2, 3, 4 couleurs, article noir et rouge, perses imitation, genre aurifère, genre fond blanc sur Alsace ordinaire, cretonne, longotte, croisé pour l'Algérie, garancines, violets genre Alsace.

Thibault, Autin et Lapersonne à Deville-les-Rouen. — Croisés, velours, finettes, pantalons moleskines en noir d'aniline ordinaire et suroxydé. Pilous, 2 machines à imprimer: production environ 2,000,000 de mètres.

Gantzer à Puteaux. — Velours de coton teints en rouge d'Andrinople, procédé nouveau à l'acide sulfoléique et à l'alizarine artificielle.

Besselièvre à Maromme et Deville-les-Rouen. — Longottes, meubles divers, mouchoirs violets et noirs, calicots imprimés et teints en toutes nuances; teintures en violet alizarine, noirs d'aniline; 6 machines dans les 2 usines, production d'environ 80 à 90,000 pièces de 100 mètres.

A. Cordier à Deville-les-Rouen. — Foulards avec violet d'aniline, vert d'aniline, fuchsine, garancine, imitation par application. Ce genre que M. Grosrenaud (Ch.) chimiste, a introduit dans la maison est parfaitement réussi.

Cachous par teinture avec résiste sous rouge aurifère, noir d'aniline en foulard représentant divers sujets : l'Exposition, la carte de France, Paris, etc., article fond blanc, noir rouge, bleu rentrure jaune, très-beaux rouges d'Andrinople en teintes variant du rouge violacé au rouge feu ; 2 machines à imprimer.

Stackler, à Darnétal, près Rouen. — Mouchoirs et foulards bien exécutés, en bleu, rouge rose, noir violet, etc., blanc supérieur; meubles fond rouge et rose à 3 et 4 couleurs; article noir rongé ; chemise fond blanc, genres pour jupons, caracos, imitation de soutache : cette fabrique a considérablement progressé depuis quelques années, et il est juste d'en attribuer une grande part à son chimiste, M. Glanzmann; 3 machines à imprimer, production 30 à 40,000 pièces.

H. Rondeaux au Houlme, près Rouen. — L'article principal de cette maison est le meuble, qui est traité avec beaucoup de soins. M. Reber, chimiste, attaché depuis trente-cinq années à cet établissement est un de nos plus habiles praticiens, et les spécimens exposés prouvent suffisamment la supériorité de cette manufacture. Le blanchiment de cette usine peut être considéré comme type dans son genre. Meubles sur cretonnes, sergés, panamas, gobelins, etc., de 1 à 8 couleurs. Articles pour chemises et robes avec rouge et rose d'alizarine, noir d'aniline, bleu indigo vapeur, gris à l'anthra-violet, etc. ; 5 machines à imprimer produisant annuellement 4 millions de mètres.

Méquillet, Noblot et Cie, Héricourt. — Fabrication courante, anciens genres, lapis, garancines, articles pour parapluies, mouchoirs noir et violet à rentrure vert rongeant, jaune rongeant percales, satinettes; unis glacés pour doublures.

Vincent Ponnier à Sénones. — Blanchiment et apprêts, apprêt linon, écossais, blanc fleur simple, moiré double, apprêts caoutchouc, nansouk, bougrand, molletonné, blanchit journellement 800 pièces, occupe 1,500 ouvriers ; 8 à 10 millions d'affaires.

Mare aîné à Bondeville (Seine-Inférieure). — Beaux blancs, blanc fleur souple, tissus pour l'Algérie.

Desgenetais à Bolbec (Seine-Inférieure). — Blancs divers, apprêts pour ménage.

Davilier à Gisors (Eure). — Damas, piqués, finettes, apprêts de madapolam, Pékin avec couleurs, moire simple, moire double, apprêt anglais, bougrané, tissus glacés, apprêt dit d'Irlande.

Gros Roman à Thillot (Vosges). — Blanc de Vesserling, blanc avec noir, bleu, rouge non altérés, pièces remarquablement régulières comme apprêt et comme largeur.

Wallon à Rouen. — Teinture et apprêt, toiles gaufrées pour reliure, nuances diverses sur tous tissus; apprêts glacé, calandré, clairvaux sur gros croisés; finettes, moleskines, tissus nattés, toile à voile (en jute, jute et coton, pur coton) teintes en nuances diverses; ces tissus sont utilisés pour la chaussure, le costume de chasse, le sac de soldat, l'article de voyage, etc.

Blanche à Puteaux (Seine). — Laines, cachemires unis teints en noir dit noir d'Écosse; article spécial pour la draperie, meubles en tous genres des mieux réussis, possède la seule machine à 12 couleurs qui existe en France. Une des belles expositions dans son genre.

Sckadrack et Lepage, Paris. — Blanc économique coûtant, au dire des inventeurs, de 5 à 25 francs les 100 kilos, sans autres renseignements.

Roussel à Roubaix. — Teinture de fils et teinture de laines, jaune au dinitronaphtol, roses à l'acide rosolique, vert au chloro methylate de tetramethylrosaniline, violet idem, jaune à l'oxynaphtol ; bleus de triphénylrosaniline mono et trisulfurique, roses éosine et résorcine, etc.

Tausin, Saint-Quentin. — Apprêts et blancs des plus variés, mais surtout des mieux réussis de l'Exposition.

Bridoux, Deville. — Blanc fleur d'Algérie, mouchoirs, etc.

A. Fauquet à Darnétal. — Blanc de ménage, blanc d'impression; apprêts madapolam.

Ferrand à Nantes. — Cretonnes, croisés, teintures en gris et en noir.

Chalamel à Puteaux. — Teintures en toutes nuances sur tissus chaîne coton, orléans, cretonne, satin laine, satin laine et coton, tissus laine et coton pour parapluies, tissu jute et coton pour ameublements; unis obtenus par un nouveau procédé.

Caron à Arcueil. — Blanchiment et teinture de coton, spécialité d'apprêts Tanjeps dit Barre de fer, apprêts mousseline dit gigot, apprêts dit caoutchouc sur grenadine et nansouk.

Bourgin et Schuler à Courbevoie. — Blanchiment et apprêts de tissus divers, pure laine, laine et soie, soie et coton, laine et coton, coton.

Francillon et Cie à Puteaux, (Seine). — Teinture des laines. C'est à cette maison que l'on doit les noirs solides obtenus en traitant le campêche par le bi-chromate; ce noir a du reste été longtemps désigné sous le nom de noir Francillon. Une des plus belles expositions de teinture sur laine.

Lebouteux à Paris. — Teintures sur soie et coton, blanchit parfaitement les soies sauvages dites Tussah.

Hulot et Berruyer à Puteaux. — Teintures en toutes nuances sur soies ordinaires et tussah, china-grass, jute, laine et coton.

Houpin à Reims. — Teinture, apprêts, lavage de laine, un des premiers établissements de Reims comme importance, environ 20,000 mètres de tissus sont teints par jour, l'établissement spécial affecté au lavage des laines traite de 2,000 à 2,500 kilos par jour, et emploie environ 200 ouvriers.

Richard et Puthod à Saint-Chamond (Loire). — Teinture de noir, sur soie, spécialité, teignent 2,000 kilos de soie par jour, occupent 500 ouvriers.

Guignon, Marnas et Bonnet à Lyon. Teintures sur soies, en toutes nuances, 650 ouvriers produisent environ 400 000 kilos de soie teinte.

Gillet et fils à Lyon. — Spécialité de teintures de soie en noir.

Petitbon et Kanengieser à Reims. — Foulage, épaillage, apprêts; usine toute nouvelle, mais dont la réputation n'a pas tardé à se faire rapidement, apprêtent environ 30,000 pièces de laine par an, dégraissent plus de 25,000 pièces et plus de 20,000 kilos de filature, environ 300,000 kilos de laine et de déchets; épaillage d'environ 400,000 kilos.

Grison à Lisieux. — Imprimés sur drap, pièces imitant parfaitement le tissé, peut imprimer quotidiennement 125 pièces de drap, en teindre 200, en outre, 1,500 kilos de laine peuvent également être teints et terminés, emploie environ 200 ouvriers.

Veissière et Fille à Puteaux. — Teintures et apprêts en tous genres, nuances très-vives et très-égales.

Poirret, Mortier, Muller à Reims. — Teintures sur mérinos, cachemire, casimir, gingerline des Indes. Tissus pour le Japon, garnissage ordinaire, spécimens exposés représentant le traitement en dureté, ordinaire, léger.

Bruno et Cie à Port-Marly. — Beaux spécimens de jute imprimés à la main.

Luthringer à Lyon. — Phototeinture en noir, réserves photographiques sur soie.

Journé à Troyes. — Unis en tous genres, une des plus belles collections de glacés et de doublures.

Société sténochromique à Paris. — Spécimens en général très-durs, gammes de couleurs, atlas ou dictionnaire de couleurs pouvant être applicable à la teinture, mais à notre avis, surtout à la chromo-lithographie.

Lechopierz et Lamarre à Amiens. — Velours avec effets de moire et effets de relief obtenus par la machine Anest.

Détré à Reims. — Impression sur laine filée, chinage sur échets, teinture pour la laine peignée en rubans. Ce procédé permet de teindre 200 mètres de ruban, tout en évitant le feutrage; il diminue ainsi le déchet et permet de faire les numéros les plus fins.

Descat frères à Flers. — Teintures et apprêts.

Descat frères et Cie à Amiens. — Velours de coton en tous genres, impression, etc.

Descat Leleux, à Lille. — Tissus divers, procédé particulier de bleu, épaillage.

Chiffray à Maromme (Seine-Inférieure). — Impression rouleau sur laine, article pantalon, un des rares exposants ayant présenté au public les nouvelles couleurs en noir d'aniline céruléine, etc., sur laine. Impression à la main sur jute par les procédés à l'huile de M. Guichard, par couleurs plastiques; 3 machines à imprimer.

Briffaut à Paris — Teintures sur coton, laine, soie, chinagrass — Organsin — Schappe — Tussah, etc.

Soins père et fils à Lille (Nord). — Cotons et lins teints en toutes nuances; un des rares exposants qui n'a pas craint (dans les classes 30 et 48) de signaler au public les noms de ses collaborateurs. Si l'on rend justice *au capital* qui permet le fonctionnement *du travailleur*, il ne faut pas oublier que souvent le troisième facteur, *l'intelligence*, la direction entre en ligne de compte pour une des plus grosses parts dans le résultat final.

Daliphard et Heilmann à Darnétal, Seine-Inférieure. — Blanchiment, blanc d'Algérie, de ménage, blanc d'impression; avaient exposé une pièce blanchie pour blanc d'impression dont la moitié avait été chlorée après garançage et l'autre moitié était restée telle quelle pour faire mieux voir la qualité du blanc. Serviettes avec liteaux de toutes les couleurs, bleus indigo, noir aniline, rouge alizarine. Ces liteaux ne doivent pas être attaqués par le blanchiment et le blanc doit cependant être pur et vif.

Apprêts au haï-thao; les seuls blanchisseurs avec cet apprêt.

Catteau à Paris. — Grands meubles, teintures magnifiques.

Poiret frères à Paris. — Teintures magnifiques en écheveaux, échantillons excessivement variés; un spectre parfaitement réussi, malheureusement très-mal placé.

Lenormand, à Rouen — Cotons teints en toutes nuances. Fabrication régulière. Bleus, violets, jaune, etc., rouge Andrinople (1).

S. Gravitz, à Paris. — Noir d'aniline en tous genres, sur écheveaux et coton en laine. Procédés spéciaux pour teinture et impression de noir d'aniline inverdissable (2).

Lecœur frères à Bapeaume. — Très-beaux rouges, palliacat, marron, bruns et violet en grand teint sur écheveaux.

E. A. Delamare, Rouen. — Exposition très-variée, rouges grand teint et teint ordinaire, couleurs d'aniline, alizarine, anthracène, gris d'anthracène, rouges d'éosine, vert lumière et naphtylamine, bleu d'indigo; cette maison produit 25,000 kilogs de cette nuance par mois, fil spécial dit fil chinois, occupe 250 ouvriers. Mèche à briquet au chromate de plomb; 40 ouvriers sont occupés pour ce seul article.

(1) Déjà cité par double emploi (erreur typographique) p. 444.
(2) Même observation.

Daniel Fauquet et fils à Rouen. — Teinture sur coton en toutes nuances. Une des maisons qui, il y a environ4 ans, ont réussi à appliquer l'alizarine artificielle sur écheveaux. Noir d'aniline verdissable et autre, grenat de naphtilamine qu'il a fallu abandonner à cause de son odeur infecte, malgré sa solidité qui dépasse tout ce qui se fait en teinture, verts céruléine, violet galléine. La collection complète de MM. Fauquet est destinée aux Gobelins; production annuelle environ 600,000 kilogs, emploient de 100 à 120 ouvriers.

Henry à Bar-le-Duc. — Écheveaux teints en rouge d'Andrinople en plusieurs tours; tous ces rouges sont splendides.

Châtel à Darnétal, Seine-Inférieure. — Teintures en nuances solides, rouge rose, saumon, bronzé par mélange de couleurs d'alizarine et de vert céruléine. Solidité exceptionnelle; ces couleurs destinées à supporter les opérations du blanchiment doivent être parfaitement fixées et saturées. Ces teintures servent spécialement pour fil à broder, robes, chemises, coutils, stores, etc., passementerie, tapisserie, ne laissent pas de traces au frottement.

Corron et Vignat à Saint-Étienne. — Très-beaux échantillons chinés.

Société industrielle de Rouen. — Cette exposition collective comprenan 14 exposants, avait réuni à peu près toute la fabrication normande. Des spécimens de tous les genres fabriqués, et ils étaient nombreux, étaient soumis à l'appréciation des connaisseurs qui ont pu constater que depuis 1867, Rouen avait fait des progrès considérables. Qu'il nous soit permis d'ajouter que nous avons été assez étonné de voir figurer dans ces vitrines des exposants, qui ne font pas partie de la Société.

Guillaume frères à Saint-Denis. — Exposition magnifique; velours imprimés *hors ligne*, sujets anciens, genres divers, unis au chrôme pour coutils. Il est regrettable que l'espace accordé aux exposants français des classes 30 et 48 ait été si limité; car, ni la lumière, ni la disposition n'étaient favorables à l'examen de ces tissus.

Blanchisserie de Thaon, Vosges. — Toute espèce de blancs, ménage, madapolam, glacé, moiré, calandré, Algérie, etc., etc. Unis en tous genres, percalines, doublures, satinettes, etc., etc. Teintures de Javella pour parapluies, double face.

Colonies françaises. — Si nous parlons ici des genres particuliers exposés dans les colonies en général, aussi bien les colonies françaises que celles des autres pays, c'est moins pour signaler les progrès réalisés que pour indiquer les genres avec lesquels notre industrie et notre commerce pourraient se créer des débouchés.

Sénégal et dépendances. — Une belle collection de tissus indigènes, écrus, blancs et teints. Pagnes de *Salam*, bandes pour pagnes. La couleur dominante est le bleu. Cette industrie est considérable et donne lieu à une large *exportation* dans l'intérieur et sur la côte.

Remarquons en passant que l'indigofère croît partout à l'état sauvage au Sénégal; les noirs recueillent les feuilles vertes avant la floraison, les pilent dans des mortiers et en font des boules qui sont d'un emploi général et l'objet d'un commerce actif avec l'intérieur. Les Européens n'ont encore fait sur les indigos du Sénégal que des essais qui n'ont pas eu de suite malgré la bonne qualité obtenue. Cet insuccès ne doit être attribué qu'à l'insuffisance des capitaux engagés, car la plante donne jusqu'à *vingt* récoltes par an sur les bords du fleuve et comme elle dure 4 à 5 ans, les frais de main-d'œuvre qui sont plus élevés que dans l'Inde sont largement compensés.

Cochinchine. — Ce pays produit très-peu et l'importation n'a pris qu'un

développement relativement restreint; la pauvreté, le climat, l'habitude invétérée du costume national sont autant de causes qui empêchent l'emploi des productions européennes.

Le vêtement se compose de cotonnade grossière teinte à l'indigo, à la rouille ou *à la nou*, cotonnade d'une largeur constamment la même, parfaitement imitée par les Anglais. Ces contrefaçons pêchent cependant par plus d'un point et il serait facile de leur faire concurrence, mais il faut bien se pénétrer avant tout que la première condition du marché annamite est d'employer les mesures des étoffes indigènes.

La Cochinchine avait exposé de nombreux spécimens de thao ou gelose ou agar-agar, ce produit que sa cherté avait empêché d'être utilisé peut avec les prix actuels (3,50 le kil.) devenir un grand auxiliaire de l'apprêt, eu égard à ses nombreuses qualités. Le thao donne du fond, sans nuire à la souplesse et de plus, cet apprêt ne se ramollit pas à l'humidité.

Inde française. — Fils teints en 7 ou 8 nuances de bleu indigo, nankin, rouge, *guinées*, mousselines, pagnes, turbans, *Chomin* de *Karikal*, pagnes de *Mouttalpett.*

Tahïti et ses dépendances. — Tissus écrus blancs et teints en textiles divers que je cite, à cause de leur rareté qui devient de jour en jour plus grande par suite de l'invasion du coton.

Fil de *piripi* (uréna lobata). Étoffes en écorce d'arbre à pain, de *broussonetia papyriféra, d'urostigma prolixum* et de *ficus tinctoria.* Nous remarquons dans la classe 48, les battoirs spéciaux destinés à la confection des *Tapas* ou étoffes en écorces d'arbre à pain.

Angleterre. — L'Angleterre, le pays cotonnier par excellence, avait peu de représentants parmi ses imprimeurs qui cependant cultivent tous les genres. Quelques maisons seulement avaient pris part à la lutte et c'est tout au plus si nous comptons une trentaine d'exposants, tandis qu'il existe dans le Royaume-Uni des centaines d'imprimeurs. La statistique exacte n'en a pas été dréssée ou du moins n'est pas parvenue à notre connaissance; les seuls chiffres que nous puissions donner datent d'assez loin; cependant nous les indiquons à titre de renseignements.

D'après M. O'Neill, il existait dans la Grande-Bretagne en 1840, 166 fabriques d'impression ayant 523 machines à imprimer et 13,629 tables à imprimer; ces 166 fabriques se répartissaient ainsi :

	Nombre.	Machines.	Tables.
Angleterre.	93	435	8324
Ecosse.	70	75	4997
Irlande.	3	13	308
Total	166	523	13629

En 1851, l'Angleterre à elle seule, sans l'Irlande qui aujourd'hui n'a plus d'impressions, comptait 108 fabriques avec 704 machines et 3,939 tables. Nous voyons une augmentation considérable dans le nombre de machines qui en 10 années monte de 500 à 704 soit près de 45 $^0/_0$ d'augmentation, tandis que les imprimeurs à la main diminuent au point qu'il ne reste plus que les $^4/_{13}$ de la quantité existant en 1840.

Si les statistiques des machines nous font défaut, nous pourrons cependant nous faire une idée assez approximative de l'importance de l'impression et de la teinture, par les chiffres indiquant la consommation en matières colorantes : je dois ces chiffres à l'obligeance de M. Simonds, délégué de la section anglaise.

Il a été consommé en Angleterre en 1876 pour 490,000 liv. st. d'alizarine artificielle, soit pour une valeur de 12,250,000 francs. En 1867, la France a *importé* en Anglèterre pour 228,000 liv. st. de garance et seulement pour 22,000 liv. st. en 1876.
L'impression et la teinture ont *consommé* :

MATIÈRES.	EN 1867.		EN 1876.	
	QUINTAUX ANGLAIS.	LIVRES STERLING.	QUINTAUX ANGLAIS.	LIVRES STERLING
Garance.	259,000	549,000	59,000	96,000
Garancine. . . .	66,000	434,000	15,000	142,000
Cochenille. . . .	47,000	809,000	29,000	332,000
Indigo.	71,000	2,430,000	88,000	2,130,000

La quantité considérable d'alizarine employée explique clairement la diminution dans la garance et la garancine.

Ces chiffres donnent une idée de la prodigieuse production de tissus imprimés et teints que fait l'Angleterre comparativement à la production française.

Hawkin, John et Cie, Manchester. — Calicots blancs de divers apprêts, unis en tous genres, blanc spécial dit des Indes.

Stirling-William and sons, Renton by Glascow. — Rouge turc pour le marché d'Afrique et les Indes. Fonds rouge avec impression vert, jaune, bleu, etc., foulards pour Calcutta.

Serre à Londres. — Teinture de soie, divers spécimens de rubans blanchis et teints.

Swainson, Birley et Cie, Londres. — Calicots pour chemises, mousselines unies et de fantaisie.

Dacca, Twist et Cie, à Manchester. — Cette fabrique occupe 10,000 ouvriers. Blanchiment, apprêts, impression, lustrines glacées, gaufrage avec relief de 4 à 5 $^{m}/_{m2}$, blancs divers.

Tootal-Broadhurst, Lee and Cie, Manchester. — Jaconas organdis, brillantes, piqués en fond blanc à deux, trois, quatre couleurs. Tissus en divers textiles.

Ferguson Brothers près Carlisle. — Satinettes, mignonnettes, satins de coton unis, brochés, teints et imprimés.

Hall, Ralpt and Cie, Manchester. — Velours imprimé à fond rouge en 6 couleurs, très-bien rendu. Moleskine. Articles de coton imperméabilisé, doublures, finettes.

Ashton et Cie, Manchester. — Garancines, genre violet fond blanc, rouge alizarine et bleu indigo, rouge, articles rongé, rose, teints.

Behrens à Manchester. — Velours lisses et croisés, unis, noir et couleurs, velours à côtes, très-belles nuances.

Rosendale et Cie, Manchester. — Meubles sur croisé, serge, graines de poudre, genre, verdure, fond puce, cotelés avec rouge, bleu, gros verts, rouge rose, etc., nattés à 10 et 12 couleurs.

Palmer et Story à Carlisle. — Tissus dit *Sileséas*. Étoffes spéciales pour parapluies, apprêt fortement beetlé, sans autre apprêt, *Zanella.*

Salis, Schwabe à Rye-croft, Manchester. — Belle série de velours imprimés en unis et en plusieurs couleurs, imitation de cuirs de Cordoue et de frappés en double camaïeu, perse, pompadours, fond blanc. Cravates noires avec fond

orange, dessins pour la Turquie avec croissants, genres Égyptiens avec des figures hiéroglyphiques.

Seligmann et Harbleicher à Middleton. — Bleus indigo de toutes nuances, à 66 centimètres le mètre sur 88 centimètres de large, série très-cuivrée. *Salempores, Guinées, Succatons, Morées.* Tissus bleus divers pour l'exportation, pagnes.

John Willford à Brompson. — Piqués mattés de diverses couleurs, cretonnes et longottes en impression, filets, pékins.

Dalglish R. Falconer et Cie, Glascow. — Foulards imprimés, mousselines, genres brillants aurifères, genres meubles en fond bleu bien exécuté. Chemises, articles courants avec soubassements de diverses couleurs sur fonds vert, cachou, olive, etc.

Indes et Colonies anglaises. — Les spécimens exposés dans la section de l'Inde n'étant pas spécifiés, je n'en puis indiquer la provenance, mais grâce aux renseignements obligeants de MM. Simonds et Wardle, j'ai pu avoir quelques indications sur les impressions indiennes.

L'Inde produit des quantités considérables de cotonnades teintes, un genre spécial dit *punjam* se fait à Vizagadatam. Ce nom de tissu désigne « 120 fils » et l'on dit du 10, 12, 14 jusqu'à 40 *punjams* suivant le nombre de fois 2 qui se trouve dans le nombre total des fils de chaîne. C'est une désignation analogue à celle de nos portées. C'est à Madras que ces *punjams* sont teints. On fait encore des étoffes à deux couleurs rouge et noir à Bangalore. Quelquefois ces deux couleurs se compliquent d'une rentrure jaune; les calicots imprimés qui figuraient à l'Exposition sont fabriqués à Mazulipatam, Arcot; ceux sur fonds de couleurs proviennent de Shikarpur, Agra, Bijapore, dans la présidence de Madras. Ce sont toujours les anciens procédés qui sont en vigueur. Dans l'une des vitrines du prince de Galles figurait un foulard de coton teint et imprimé (par réserves) en 8 couleurs. C'est un chef d'œuvre de patience car chaque couleur demande à être teinte séparément, puis la résiste doit être imprimée derechef sur la même place pour procéder à une nouvelle teinture.

De nombreux échantillons de soie Tussah écrue, blanchie et teinte dans toutes les couleurs possibles prouvent tout le parti qu'on a déjà su tirer de cette matière dont l'emploi ne pourra que se généraliser. Parmi les échantillons de soie imprimés, se trouve un bleu indigo sur soie Tussah et d'après M. Wardle; c'est la première fois qu'on a réussi à appliquer, *en impression*, l'indigo sur étoffe de soie (1).

Les autres colonies avaient envoyé peu de spécimens relatifs à la teinture ou à l'impression, sauf le Canada qui avait exposé quelques cotonnades, des Tweeds et Ceylan dont la commission a exposé quelques sarrongs et des pièces imprimées pour vêtement.

Etats-Unis. — Si les États-Unis n'ont été représentés que par 3 ou 4 exposants, il n'est pas moins vrai que ce pays progresse à pas de géants et que le moment où l'Europe recevra de cette contrée le coton tout manufacturé, imprimé, etc., n'est pas éloigné de nous : aussi est-ce avec anxiété que l'Angleterre voit ce développement qui, dans un temps donné lui enlèvera sa prépondérance sur les divers marchés du globe.

Peu de renseignements nous ont été donnés concernant l'industrie de l'impression, mais nous savons que le nombre et l'importance des indienneries

(1) Voir au sujet de ces soies, la monographie du Tussore par Thomas Wardle, London 1878.

d'Amérique, non-seulement ne le cèdent en rien à celles d'Angleterre ou d'Europe, mais même sont plus importantes.

Pour n'en citer que quelques-unes parmi celles qui n'ont pas exposé, nous dirons que le *Lodi-printwork* (la plus petite des États-Unis mais déjà plus grande que la plus grande de France) a 9 machines à imprimer.

Le *Merimmack Printing* C° de Lowells, a 14 machines à imprimer.

Le *Pacific mills*, à Lawrence, a 22 machines.

Le *Cranston Printwork*, a 36 machines à imprimer, et combien d'autres encore telles que *Hamilton manufactury* à Lowell, la *Cochico manufacturing*, à Dower, la *Manchester Print Works*, l'*American Print Works*, à Full River, *The Dunnel et Cie*, à Providence, *Richmond*, l'*Oriental mills, J. B. William-Lagrange*, le *Penny Pack Printwork*, *Hunter et Cie*, *Francklin et Cie*, *Remis*, *Simpson*, à Philadelphie, etc., etc., dont nous ne pouvons citer que les noms sans donner plus amples renseignements certains.

Washington Prints. — Bleus rongés, calicots noir et rouge, puce un peu maigre, bleu et vert, indiennes teintes en rouge puis imprimées en noir, fond gros vert et rouge, vert clair et jaune, quelques spécimens représentant des essais de meubles.

Union Prints. — Noir d'aniline avec résiste, noir campêche, foulards, étamines de tous genres.

Coffin Altenus et Cie, Philadelphie. — Genres deuil, uni avec impression noire, fonds verts, indigo et plombate. Teintures en noir uni.

Manville et Cie, Providence. — Unis en tous genres pour doublures.

Dunnel et Cie, Pawtucket. — Calicots sur tissus légers, fond puce à plusieurs couleurs, avec bleu, vert, jaune, violet, système Harley (1) très-bien réussis, quelques pièces avec de la nitro-alizarine, les seuls spécimens d'indiennes de toute l'Exposition où cette matière soit appliquée pour l'article fond blanc, bleus teints, cachous et noir, couleurs d'application, unis bien apprêtés.

Lewis et Cie, Providence. — Blancs apprêtés en tous genres, unis de toutes couleurs, mais généralement foncés et manquant de transparence.

Suède et Norwége. — La Suède et la Norwége, en raison de leur climat, consomment peu de coton, et par suite, peu de tissus imprimés; cependant on y fabrique des velours de coton, des moleskines et un peu de genres fond blanc. L'Angleterre et l'Allemagne importent une certaine quantité de tissus imprimés, évaluée pour 1876 à deux millions de livres, ce qui représente de 100 à 125,000 pièces; on voit que c'est une faible quantité. Ces deux pays n'ont en tout que 30 filatures avec 280,000 broches et 3 fabriques d'indiennes.

La teinture occupe plus de personnes que l'impression, et en Suède, il y a environ 1800 ouvriers occupés à ce genre d'industrie qui donne lieu à un chiffre d'affaires de 2,500,000 couronnes ou environ 3 $^1/_4$ millions de francs.

Rydboholms Bolag à Boras. — Moleskines de bonne fabrication courante, noirs, gris, fonds cachous, bleus, rouges teints en unis, puis imprimés en noir, bien rendus, genres longottes violet, fond chamois, rouges, rose. Il faut remarquer que le fabricant n'a pas dû faire de grands frais de dessins, car ce sont la plupart des copies textuelles de dessins français.

Bergs Aktiébolag à Norrkoping. — Filature, tissage et teinture, occupe environ 360 ouvriers et fabrique 2 $^1/_2$ millions de mètres de tissus, calicots teints en unis.

(1) Voir *Bulletin de Rouen*. Procédé Harley, p. 552, 1876.

Berg, Naas, Floda. — Emploie 350 ouvriers y compris ceux de la filature, teint annuellement environ 20,000 paquets de fil d'une valeur de un million de francs. Unis en couleurs très-fugaces.

Charlottendals, Margrethedals, Fabriker à Gothembourg. — Écheveaux teints en gris, jaune, vert. Unis divers, mais les couleurs dominantes sont le violet, le jaune, le vert et le gris, quelques rouges maigres.

Hill à Alingsas. — Noir et quelques gris unis, blancs, échevaux blanchis et teints en vert, gris, mode, puce, orange, jaune, pas de grand teint.

Aakausson-Fritzla. — Articles en une couleur. Unis en noir, bleu, cachou, vert, rien d'autre, impression bleu et noir, un peu de meubles en une couleur.

Compagnie de Nydalen à Christiana. — Filature, tissage, blanchissement et teinture en unis. 800 ouvriers.

Italie. — Il n'y a en Italie que quatre fabriques d'indiennes, sises à Pineroles Milan, Voltri, Salerne, qui fabriquent toutes pour le marché intérieur. Leur production est loin de suffire aux besoins de la consommation, car l'Allemagne et l'Angleterre importent d'assez grandes quantités d'indiennes; la France, qui à l'époque de la garancine, faisait beaucoup d'affaires avec l'Italie, n'exporte plus que des quantités insignifiantes depuis les nouveaux traités de commerce.

La teinture occupe des établissements nombreux parmi lesquels quelques-uns de premier ordre.

Pedra Bambergi à Milan. — Teinture en rouge, produit annuellement 160,000 kilogrammes.

Alessio frères à Milan. — Fils de coton teints en rouge, production journalière de 1,500 kilogrammes.

Meda Bernado Mouza. — Cotons teints en diverses couleurs, fait remarquer qu'il emploie un procédé spécial, qui lui donne une économie de 50 $^0/_0$ dans la teinture, mais sans autres explications.

Schlaeper Wenner à Salerne. — Genres garancine, meubles en diverses couleurs, articles pour couvertures. Bonne fabrication courante. Article rouge teint en alizarine et imprimé en noir, bien rendu.

Japon.—Très-peu de coton peint ou teint, car les quelques spécimens exposés sont faits à l'ancienne méthode, dite au pinceau. Des bleus avec réserve figurent dans la vitrine de M. Mit-Sui, les tissus d'une largeur de 0^m,30 seulement, sont spécialement faits pour le vêtement, et d'après les renseignements donnés par l'exposant, sont imprimés avec des planches *de papier*, des spécimens de ce genre figuraient dans la classe 60, au matériel de l'impression.

Les soieries japonaises sont de toute beauté, comme coloris, et parmi les couleurs employées, nous avons remarqué un gris et un violet végétal de nature inconnue, aussi vifs que les violets d'aniline et très-résistants à la lumière. Parmi les étoffes, figuraient des tissus dits *Shifu* fabriqués en chaîne de coton et avec des trames *de papier*. Ce produit vient de *Shiraïski* dans la province d'*Iwaki*.

D'autres tissus sont fabriqués avec des matières peu connues des Européens, ou du moins peu employées, tels que les tissus faits avec le *Pueraria Tumbergiana*, le *Tilica cortata*, le *Wisteria chinensis*.

Chine. — Le gouvernement chinois avait envoyé à l'Exposition, une série très-intéressante de tissus unis et imprimés, de fabrication indigène. Parmi ces unis teints en rouge (santal et sapan), bleu (indigo), noir (noix de Galles ou un

analogue tel que cupules de chêne), rose (carthame), j'ai tout particulièrement remarqué un vert végétal, qui n'est pas le ko-kao, mais qui d'après les indications que j'ai pu recueillir, est fait avec les feuilles d'une plante de la famille des *Acanthacées*, non reconnue quant à l'espèce; on ajoute à la décoction de ces feuilles, un mélange d'alun et de sulfate de cuivre.

Un autre spécimen très-intéressant est un échantillon de gris uni, qui est parfaitement résistant à la lumière, au savon, aux acides et aux alcalis. Le procédé que les Chinois emploient pour la fabrication de leurs unis est assez original. Ils enduisent au moyen d'une brosse trempée dans une dissolution de gélatine, l'envers de la pièce à teindre, puis font sécher; ce n'est qu'après qu'ils brossent l'endroit avec la couleur voulue; de cette façon, l'étoffe n'est teinte qu'à l'endroit et a un envers très-peu coloré.

Leur glaçage est parfaitement réussi, et cependant, fait sans le secours de machines spéciales. Nous avons donné la description de leur mode de faire dans le chapitre relatif aux machines, à l'article calandre. Un petit appareil de ce genre était exposé classe 60, avec tous les accessoires d'une teinture chinoise.

Les bleus résiste sous indigo, sont à double face et le blanc est parfaitement réservé dans des tissus très-épais, correspondant à nos tissus, pesant environ *200 à 250 gr. le mètre*, sur 80 cent. de large.

La grande consommation chinoise pour le vêtement consiste dans le tissu de soie; cette dernière leur est fournie en quantités considérables par le ver à soie du mûrier (*sericaria mori*). Cependant, depuis quelques temps, on est parvenu à tisser la soie du ver à soie du chêne (*attacus Pernyi*), c'est ce dernier qui fournit la soie dite *Pongée*. Cette qualité est très-solide et excessivement bon marché, puisque la pièce de 20 mètres de long sur 0,32 de large ne se vend que 5 piastres ou environ 3 francs. (la piastre argent = $0^{f},60$), elle est fort estimée et employée en quantités considérables.

Une autre qualité de soie qui mérite de fixer toute l'attention des industriels et particulièrement des chimistes coloristes, est celle que donne le ver à soie de l'ailanthe (*attacus cynthia vera*). Cette soie n'est point encore exportée, et jusqu'à présent, on ne sait encore la teindre qu'en noir et en gris; elle possède d'ailleurs une odeur très-désagréable qu'il s'agit de lui enlever.

Ces diverses qualités sont d'une autre espèce que celle dite : *Tussah*, ou *Tussore* qui provient du *Bombyx Paphia*, *Bombyx Mylitta*.

Signalons encore en passant les dénominations de couleurs, spéciales aux Chinois et qui sont empreintes d'une originalité toute poétique; ainsi ils disent : lune fleur de pêcher — rouge jujube — flamme fumeuse — vert cœur d'oignon — — rouge d'argent — *noir foncé* — vert crevette — vert crabe blanc — ventre de poisson — noir de ciel — jaune de miel, etc.

Espagne. — La toile peinte a fait de notables progrès en Espagne et c'est ce pays qui, avec la Russie, a certainement le mieux su présenter ses produits. A qui attribuer la bonne organisation de cette exposition? est-ce à l'initiative des exposants ou au bon goût de la Commission? je l'ignore; toujours est-il que ces deux pays n'ont pas été parqués comme l'a été la toile peinte française à laquelle malgré les défectuosités reconnues de l'installation de 1867, on a eu soin de donner absolument le même agencement.

L'Espagne compte environ une quarantaine de fabriques d'indiennes, toutes prospères; ces usines, sauf trois ou quatre situées dans les provinces basques, se trouvent en majeure partie dans la province de Barcelone.

La teinture y est exercée dans de grandes proportions que nous indique la consommation de l'alizarine artificielle qui est pour l'Espagne d'environ 300,000 kilos par an, plus que Rouen et Mulhouse à la fois.

Espana Yndustrial. Barcelone. — Meubles de 8 à 10 couleurs, fond rouge et rose avec gris, douze couleurs avec fond puce, mignonnettes, pompadour, fond rouge uni, genre velours frappé imitation, garancines, deuils, lustrines unies glacées, moleskines, etc., 7 machines à imprimer. L'ensemble de cette exposition était des plus agréable à voir.

Regordosa y Compania. Sans près Barcelone. — Écheveaux en rouge, violet, rose, le rouge ne paraît pas suffisamment dégorgé, car il décharge énormément.

Louis Vinaut. Barcelone. — Mouchoirs, dits *panuelos*, à 1f,50 la douzaine, production annuelle de 4,500 pièces, articles à la main et à la planche plate, sujets, fabrication très-ordinaire.

Achon à Barcelone. — Quatre machines à imprimer, 100,000 pièces par an, meubles rouge, rose, vert, jaconas fond blanc, fonds puce et cachou, fabrication ordinaire.

Ricart y Compania. Barcelone. — Cinq machines à imprimer, cretonnes, percales, indiennes en tous genres, fabrication très-variée et bien rendue, production annuelle 115,000 pièces. Bistre rongé en bleu, blanc, rose, vert. Rose travers, violet conversion, indigo rongé, fonds rouge avec noir, cachous, fonds chamois.

Saladrigas y hermanos. Barcelone. — Article fond blanc, fait peu de rouge et le peu qu'il y a manque de vivacité.

Borras à Barcelone. — Cravates dites *panuelos* à la main, en couleurs solides, 25,000 pièces de 60 mètres par an.

Jean Batalla. Barcelone. — Indiennes.

Autriche-Hongrie. — Ce vaste empire compte beaucoup de fabriques d'indiennes et de teintures. Il est regrettable que la plupart de ces usines, de premier ordre, telles que Leitenberger à Cosmanos, etc., n'aient pas exposé. Ces deux pays n'ont été représentés que par quelques exposants. Les genres fabriqués se rapprochent en général des genres anglais bon marché.

Holleschowitzer-Cotton-Druckerei-Actien-Gesellschafft près *Prague, Bohême.* — Indiennes, foulards, fonds blanc, rouge et blanc résiste sous noir, noir et vert méthyle par teinture, noir et orange, roses, aurifères, noir et bleu d'aniline, noir et rouge matté en jaune. Cette fabrique dirigée par un français, M. Fourneau, est une des premières à appliquer les couleurs nouvelles, et une de celles dont la réputation est des mieux établies.

Kallab à Brunn. — Traitement de l'indigo fixé sur fibres, par un procédé permettant de retrouver l'indigo sans altérer le tissu. Nous avons déjà signalé cet exposant à l'article blanchiment.

Jerzabeck à Neustad. Moravie. — Traitement des eaux de lavage pour en extraire l'indigo.

Si la Hongrie n'a pas d'industries textiles qui méritent d'être mentionnées, il y a pourtant des branches de cette industrie dans lesquelles ses fabricants excellent; nous voulons parler de la teinture. La couleur la plus employée est le bleu qui est le plus généralement usité pour les vêtements des paysans. La teinture du bleu occupe *deux* fabriques dont le mouvement se chiffre par millions. Il a été fait dans l'une d'elles des essais de teinture à l'aide de l'indigo de Guède qui ont parfaitement réussi.

Russie. — Le développement de l'industrie cotonnière en Russie a été considérable dans ces derniers temps, et d'après l'enquête officielle de 1871, la Russie, sans la Pologne et la Finlande, comptait 511 fabriques de teinture,

occupant 35,700 ouvriers, et donnant lieu à un mouvement d'affaires de 48,300,000 roubles, soit environ 125,000,000 de francs (1).

Baranoff à Strounino. — Rouge uni et imprimé, cette fabrique produit annuellement 120,000 pièces teintes en rouge ; 300 ouvriers.

Hubner à Moscou. — Cette fabrique, créée par un français, M. Hübner, et dirigée par un autre français, M. Sifferlen, a 14 machines à imprimer, elle produit 350,000 pièces d'indienne et 100,000 pièces de foulards. La valeur de sa production est de 2 millions de roubles; occupe 1200 ouvriers. Meubles, effet verdure, bleus rongés, foulards teints, genre cachemire, etc., article fond blanc, fond puce, imitation garancine, bleus rongés, etc., etc.

Société Emile Zundel à Moscou. — Fond blanc à bande sur le côté, et en toutes couleurs, aurifères très-bien exécutés, article à 6 couleurs, à fond puce, bleu d'aniline, meubles sur croisés, tissus gobelins, quadrillé, fonds violet d'aniline, en général couleurs très-vives, imitation au rouleau de gros bleus enluminés. Cette usine, dirigée par un alsacien, M. E. Schlumberger, imprime annuellement 400,000 pièces, emploie 1,200 ouvriers.

Pahl à Saint-Pétersbourg. — Calicots, indiennes, fond blanc avec rouge, violets teints, unis, 600 ouvriers, production annuelle de 350,000 pièces d'une valeur de 2 millions de roubles. Chimiste, un français, M. Witz.

Morozoff à Nikolskoe. — Calicots, indiennes, percales, nankin, etc., 400,000 pièces, 3,000 ouvriers, y compris ceux de la filature et du tissage.

Karetnickoff et fils à Teikoro (Vladimir). — Genre gros bleus avec rentrures, meubles à bandes rouge et rose, quelques fonds en vert guignet un peu pâteux, brillantés, cravates et foulards à la main et au rouleau, 7 machines à imprimer, outre l'impression, la filature, le tissage, avec 34,000 broches, 900 métiers, 4,000 ouvriers, moteurs de 350 chevaux.

Polouschine à Ivanovo-Vosnezensk. — Cravates, beaucoup de fonds puce, imitation garancine, impression rouge, rose, très-bien exécutée, fonds rouge, impression noire, bleu indigo rongé, fond rouge meubles , aniline réservé, fabrication annuelle 50,000 pièces, 4 machines à imprimer, environ 300 ouvriers une valeur produite de 1,000,000 de roubles.

Camille Zundel à Moscou. — Foulards, mouchoirs, mignonnettes, unis très-bien réussis, fabrique environ 35,000 pièces par an, valant 600,000 roubles, 520 ouvriers, 170 chevaux-vapeur.

Konchine à Serpouckhoff. — Indiennes, calicots, meubles, bleus cuvés, brillantés, fond puce, tapis, foulards, une des bonnes expositions russes. Cette usine est dirigée par un français, M. Cordillot, bien connu pour ses diverses applications dans le domaine de la toile peinte et surtout l'application du prussiate rouge pour la fixation du noir d'aniline.

Vatremcy à Moscou. — Maison nouvellement fondée (1875), fils de coton teint en rouge d'Andrinople.

Baranoff (E. J.) à Karabanoro. — Rouge avec impression d'argent et d'or pour chemises russes. Cette fabrique produit annuellement 12,000 quintaux de fil de coton, 400,000 pièces de calicot et 350,000 pièces teintes en rouge d'Andrinople; elle a 3 machines à imprimer, et 30,000 broches, 800 métiers à tisser, 4,000 ouvriers.

Rabeneck à Moscou. — Filature et teinture 900 ouvriers, 95,000 pièces d'indienne à fond rouge, 5,700 quintaux de coton teint. L'exposition de cette maison

(1) Voir la *Réforme économique*, 1er août 1878.

était des plus soignées, un pavillon composé des seuls produits de cette usine indiquait leurs diverses applications.

Zimine à Doubrowka. — Rouge andrinople sous toutes ses formes, uni, rouge imprimé, teint, plaqué, matté, résiste, production annuelle 90,000 pièces valant $^1/_2$ million de roubles, 2,000 ouvriers.

Guivartowski (A) et Cie à Moscou.—Impression à la main et planche plate, etc. Très-beaux échantillons de laine imprimée, châles de coton, laine et mi-laine, production annuelle de 350,000 châles d'une valeur de 500,000 roubles, 700 ouvriers. Directeur, M. Bulard de Rouen.

Scheibler à Lodz. Pologne. — Impression et teinture, production annuelle évaluée à *dix* millions de roubles, 200,000 broches, 3,000 métiers, 5,500 ouvriers. Une des plus importantes usines de la Pologne.

Pouckhoff et fils à Moscou.—Indiennes fils de coton, 80,000 pièces, 200 ouvriers.

Forssa à Helsingfors. Finlande. — Unis, noir et cachou, shirtings, moleskines, filature et tissage, occupe environ 1,600 ouvriers et produit par an pour 3,600,000 francs, avait exposé divers spécimens de tissus unis et de moleskines imprimées sur blanc et sur teintes.

Biedermann à Lodz. — Teintures diverses sur écheveaux de laine et sur pièces.

Poustovvaloff et Pfeiffer à Moscou. — Blanchiment de tissus et de fil de coton.

Suisse. — La Suisse n'a pas pour ainsi dire de grandes fabriques, toutes ses usines sont restreintes et comme la consommation intérieure est très-limitée et les frais de production peu élevés, on fabrique en majeure partie pour l'exportation ; aussi certaines maisons ont-elles des genres pour presque tous les pays du monde.

Hoffmann et Oehninger à Uznach. — Rouges d'Andrinople unis et imprimés, cravates blanc, rouge et couleurs.

Kubli Martin à Netstatt. — Foulards bleu indigo, lapis fond vert, genre fond puce avec bandes rouge et blanc, gros apprêt et glacé, bleu et jaune, bleu et blanc.

Hurlimann à Richtersveil. — Rouges teints et autres, très-beau blanc, genres à quatre, cinq couleurs, genres soutaches.

Frères Freuler à Ennenda. — Foulards noirs glacés, quelques couleurs d'aniline, cravates à la main à six couleurs, foulards avec sujets divers et quelques-uns avec rentrures, genres cachemires avec fonds bleus, violets, rose d'aniline.

Jenny Barth à Ennenda. — Cravates fond blanc en bleu d'aniline, rouge, rose, noir et rouge chamoisé, fond bleus vapeur, noir et orange, noir et rouge, noirs à fonds chamois pour mouchoirs.

Hanhart Solivo à Dietikon. — Rouge et rose avec diverses couleurs de rentrures, rouges unis à odeur caractéristique de mordant gras.

Riekli à Wangen. — Coton filé en rouge andrinople, rose, brun, violet, lilas, grand teint.

Suter à Zofingue. — Fils teints en rouge, rose, paillacat, violets très-vifs.

Fabrique de Wallenstaedt. Canton de Saint Gall. — Tissus en fil de coton teint, mouchoirs madras baroes, pagnes, sénégalaises, Sarong Dhotees pour l'Asie et l'Afrique, Ghingams, Taffachelasses pour le Japon, Ghul'mess pour la Turquie, etc., etc.

Belgique. — La Belgique, placée entre l'Angleterre et la France, au lieu

d'exporter, commence à devenir tributaire de ces deux nations. Cependant, il existe encore quelques fabriques d'impressions qui produisent spécialement l'article pantalon de moleskine et en exportent environ 3 millions de kilogr.

Lonsberg et Cie à Gand. — Tissus unis.

Baertsen et Buyss à Gand. — Grande variété de velours de $0^f,40$ à 4 francs le mètre.

Heymann et Cie à Gand. — Moleskines, bazins, flanelles, molletons teints et imprimés.

Parmentier-Vanhoegaerden et Cie à Gand. — Bleus indigo fond blanc, bleu rongé, petit bleu, bleu et rouge, petit bleu et jaune; vert, vert clair et rouge, très-bien fait, moleskines, cachous et noir, noir fond blanc, bleus unis.

Société de la Lys à Gand. — Produit en jute destinés à la classe ouvrière, en fonds noir et vert, noir et blanc, noir et bleu, toutes couleurs sauf du rouge, échantillons de jute en écheveaux très-unis et très-bien teints.

Idiers à Auderghem-Lez-Bruxelles. — Fil de coton en rouge et autres couleurs grand teint.

Neefs frères à Louvain.—Toiles et cotons teints en bleu indigo, rouge, rose, violet un peu gris, aniline, puce, grenat.

Grèce. — L'industrie, en Grèce, est encore à l'état d'enfance, mais d'après ce que nous avons pu voir, ce pays commence à progresser et les usines surgissent rapidement. Il y a dix ans, la Grèce ne comptait qu'une dizaine de fabriques travaillant le coton; aujourd'hui, 18 filatures et 2 tissages fonctionnent et emploient un personnel de 1,400 ouvriers environ.

L'impression et la teinture se font encore un peu primitivement malgré la grande consommation de foulards dits *Syras*. Tous les genres fabriqués, sont faits à la main avec les anciennes couleurs, garance pour les fonds puces, des rentrures ordinaires en couleurs vapeur. Cependant, certains exposants avaient dans leurs vitrines des sortes de châles en coton, imprimés avec le pinceau. Ces châles d'un mètre carré à peu près, doublés de soie étaient cotés 100 francs. Le dessin fait au pinceau (pas à la planche) représentait des personnages, des paysages, etc., les contours étaient faits à la main et les fonds rentrés à la planche.

Varouxaki au Pirée. — Fils teints en couleurs, blanc, jaune, production annuelle pour 800,000 francs de fils.

Papadopulos à Mégare. — Tissus imprimés. Plusieurs avaient dans leurs vitrines des écheveaux d'un bleu particulier, mais que nous n'avons pu définir, n'ayant pu obtenir des échantillons pour les essayer.

Danemark. — Le Danemark n'a pas de fabriques préparant le coton, les filés viennent de l'Angleterre ou de l'Allemagne, il n'y a pas d'imprimerie au rouleau.

Bierfreund à Odensée. — Tissus blanchis.

Bloch et Andresen à Fredericia. — Tissus teints et imprimés à la perrotine, bleus avec bleu clair, bleu orange et blanc, bleu et jaune, bleu et vert, production annuelle de 900,000 francs, occupe 200 ouvriers, 192 métiers à tisser. Une machine de 10 chevaux fait fonctionner la teinture et l'impression.

Ruben à Copenhague. — Tissus de coton et de lin, glacés, unis, en noir, gris, vert, bleu, violet, rose qui paraît être de la safranine. Teinture à la vapeur.

Portugal. — Le Portugal compte plusieurs usines d'impression et de teinture,

le dernier recensement officiel daté de 1871, indique : 12 fabriques d'impressions, 39 de teintures; les améliorations que l'on peut constater sont des améliorations considérables, et l'industrie portugaise d'aujourd'hui comparée à celle de 1867, a fait de notables progrès.

Aujos, Cunha, Ferreira et Cie. Lisbonne. — Indiennes fond blanc, à une, deux, trois couleurs, meubles une couleur, beaucoup de dessins à effets de guillochés, indiennes deux couleurs, cravates puce et rouge, noir et orange, couleurs albumine, paraissent employer beaucoup de bois dans leurs teintures, 250 ouvriers, production 2 millions.

Compagnie de Lisbonne.—90 ouvriers, production, un million et demi de francs, meubles une couleur, en assez grand nombre, fond blanc cotés de 76 à 126 réaux le mètre, les meubles 140 réaux. Tout est au rouleau. Je ne puis convertir ces valeurs en francs, le duitage du tissu étant tout autre que le nôtre et le poids des étoffes inconnu.

Lopez dos Aujos à Belem. Lisbonne. — 55 ouvriers, 280.000 fr. de production, foulards à la main, ancienne fabrication, indigo avec blanc, avec rouge rongé, teint gros vert.

Silva Guimaraës fils et gendre à Porto. — Indiennes ordinaires.

Pays-Bas et Colonies néerlandaises. — La Hollande ne fabrique que peu pour sa propre consommation. Ce sont ses colonies qui forment son grand débouché. Plusieurs fabriques d'indiennes existent dans ce pays, mais elles font des genres tout spéciaux, tels que les double face, les battiks, etc.

Swenckels de Helmond. — Rouge teint et violet teint sur fils de coton, retors et simples, violets et bleus, très-beaux.

Jauninek et fils à Enschedé. Jordaan et fils à Haacksbergen. — Tissus de coton croisés, unis teints en bleu indigo en toutes nuances, les deux maisons produisent environ 2,500,000 mètres par an en lin et coton, et emploient environ 370 ouvriers.

Les Colonies Néerlandaises avaient exposé une collection très-variée de tissus indigènes, entre autres des batiks avec vert, ce qui est très-rare, des batiks de *Soeracarta.* Ces pièces de cotonnades de deux mètres de long et d'un mètre de large, demandent deux à trois mois de fabrication et coûtent jusqu'à 70 francs, quelques-uns de ces tissus représentent des personnages dessinés ou peints d'une façon des plus primitives, mais non sans beaucoup d'habileté, car lorsqu'une étoffe doit avoir plusieurs couleurs, la cire ou réserve doit être réappliquée exactement à la même place, et généralement, il est très-difficile de voir que l'on a donné plusieurs opérations. Les appareils servant à obtenir ces tissus étaient également exposés. Deux procédés sont employés, celui à la pipe, et celui à la planche.

La pipe se compose d'un réservoir en cuivre très-mince, analogue à nos pipes de livre, le réservoir est muni d'un orifice supérieur par où on introduit la cire qui doit faire réserve, dans le bas se trouve un petit tuyau qui permet à la cire de s'écouler et aussi une tige qui s'enfouit dans une pièce de bambou laquelle sert de manche. On tient la pipe par ce manche, on y verse de la cire fondue et en promenant cet appareil sur le tissu on obtient une réserve.

L'autre appareil est une sorte de planche composée d'une poignée en cuivre, adaptée à une forme métallique plane, au-dessus de laquelle sont soudées des lamelles de cuivre pliées suivant un certain sens, ce sont ces lamelles qui plongées dans la cire, donnent le dessin. Nous en avons du reste déjà parlé dans notre article gravure, et nous y renvoyons le lecteur (voir page 402).

Parmi les matières colorantes exposées, figuraient plusieurs substances, non

encore bien étudiées en Europe, tels sont, le *Djernang*, matière colorante rouge. le *Hapak*, matière donnant du vert et du noir, le *Gettah-hampa*, matière jaune. Ces diverses matières colorantes sont végétales et paraissent être accompagnées de résines.

Notre tâche est terminée, non pas que nous ayons signalé et étudié toutes les merveilles de l'Exposition touchant notre sujet; le défaut d'espace ne nous permettait pas d'entrer dans plus de développements.

L'étude de la toile peinte, de la teinture, des progrès réalisés depuis 1867, eut nécessité des volumes; mais, nous le répétons, nous avons dû forcément nous limiter et nous nous estimerons heureux, si, dans les pages qui précèdent, nous avons pu suffisamment faire ressortir les principales découvertes et applications que nous devons à la mécanique et surtout à la chimie.

Jos. Dépierre.

Note de quelques ouvrages à consulter.

Aide-mémoire pratique du teinturier, par Van Haer. 2 brochures in-18. Prix : 6 fr.
Blanchiment de Sancerey, 1873.
Bulletins des *Sociétés industrielles de Mulhouse, Rouen.*
Crace-Calvert, *Teinture et impression du calicot*, 1 vol. in-8° avec nombreux échantillons teints. Prix : 35 fr.
Dyeing and Calico printing, par Crookes.
Eléments de l'art de la teinture, par Berthollet, 2 vol.
Etudes sur le blanchissage, par Sergueff, 1879.
Fabrication des tissus imprimés, par Kaeppelin, avec échantillons. Prix : 10 fr.
Fol, *Guide pratique du teinturier*, 1 vol. in-18 avec nombreuses figures. Prix : 8 fr.
Gonfreville, *Teinture des laines*, 1 vol. in-8° avec nombreux échantillons teints. Prix : 30 fr.
Kaeppelin, *Blanchiment, teinture et impression des tissus*, 1 vol. in-8° avec planches Prix : 10 fr.
La garance et son emploi dans la teinture, par Kaeppelin. Prix : 5 fr.
Le teinturier pratique, publication bi-mensuelle. Prix de l'abonnement annuel : 20 fr.
Les arts textiles, par Renouard. Prix : 10 fr.
Max-Singer, *La Teinture moderne*, 1 vol. in-8° avec échantillons. Prix : 20 fr.
Méthode simplifiée de teinture, par Robert. Prix : 1 fr.
Moniteur scientifique, du Dr Quesneville.
Traité de chimie appliquée, par J. Girardin.
Traité des matières colorantes, par P. Schülzenberger.
Traité des tinctoriales, par Leuchs.
Traité du fixage des couleurs par la vapeur, 1879, par Dépierre, chez M. Lacroix éditeur, Paris.
Vert de Chine et teinture en vert, par Rondot.

LÉGENDE

DE LA MACHINE A TORDRE LES ÉCHEVEAUX

de Nicolet et Blondel.

Voir page 438, *planche XV, fig.* 1.

A A′ A″ batis reliés entre eux par les entretoises B B′ et B″. C'est dans la partie comprise entre le batis A A′ que s'opère le travail du tordage de l'écheveau.

Les batis A′ et A″ supportent tout le mécanisme de commande.

C, crochet mobile seulement dans le sens longitudinal, afin de suivre le mouvement produit par le raccourcissement de l'écheveau dû à la torsion.

La tension sur ce dernier est déterminée par le contre-poids D, qui sort en même temps à ramener le crochet C, à son point de départ.

E, ressort aidant au mouvement de recul du crochet C; ce crochet tient lieu de la cheville fixe dont il est parlé plus haut.

F, crochet semblable au précédent. Ce crochet possède un mouvement de rotation alternatif. Quand à sa position dans le sens longitudinal, elle est invariable. Le mouvement de rotation dans un sens, produit le tordage de l'écheveau et dans le sens opposé, le détordage.

G, poulie fixe de commande; cette poulie entraîne le crochet F, dont le nombre de tours doit être déterminé d'après la torsion que l'on veut obtenir.

A cet effet la roue L (que nous désignons sous le nom de compteur et qui reçoit son mouvement du pignon K), porte un taquet destiné à relever l'arrêt N, qui maintient la tringle de débrayage M, en rapport avec la poulie G, pendant la durée de la torsion.

Dès que la tringle est rendue libre, elle se déplace sous l'action du poids O, et ramène la courroie motrice sur la poulie folle G′. Sur l'arbre du crochet F, est fixé un barillet H, sur lequel s'enroule pendant le mouvement de la poulie G, le brin libre d'une moufle J. On conçoit aisément que, dès que la courroie quitte la poulie G, le poids de la moufle déroule la corde engagée sur le barillet et détermine de la sorte un mouvement inverse qui produit le détordage.

Il est à remarquer que ce mouvement rétrograde doit s'arrêter juste au point où l'écheveau se retrouve dans la position qu'il avait avant l'opération. Cet arrêt s'obtient au moyen du frein P, dont le bras de levier est relié au poids de la moufle par nne corde de longueur convenable pour arrêter au moment voulu.

MANIPULATION.

L'écheveau à tordre est accroché en C, puis tirant sur la poignée P, on passe l'autre extrémité de s'écheveau sur le crochet F; abandonnant la poignée P, on amène la courroie sur la poulie G' l'arrêt N, tombe dans l'encoche de la tringle M, et la torsion s'opère jusqu'au moment où le compteur L, vient soulever l'arrêt N, alors a lieu le détordage et ainsi de suite.

Le liquide exprimé est recueilli par la bassine S.

ERRATA

Pages.

357 *ligne* 32, *au lieu de:* D'argence, *lisez :* Nos d'argence.

358 *ligne* 19, *il faut lire*: quelques $^1/_{1000}$ de sulfhydrate d'ammoniaque, à la couleur oxydée.

360 *ligne* 40, *au lieu de:* donne n° 7, *lisez :* donne n° 6.

388 *ligne* 47, *au lieu de :* n° 8 pl. IX est teint sur coton huilé, l'échantillon n° 10 pl. IX, produit, etc., *il faut lire :* n° 8, pl. XVII est teint sur coton huilé, l'échantillon n° 10, pl. XVII produit, etc.

388 *ligne* 50, *au lieu de :* n° 9, pl. IX, *lisez :* n° 9, pl. XVII.

393 dernière *ligne*, *au lieu de :* planche VII fig. 4, *lisez :* planche VII fig. 1.

401 *ligne* 4, *au lieu de:* Schermer-Malaine, *lisez :* Schirmer-Malaine.

409 *ligne* 4, *au lieu de:* pl. II, fig. 2, *lisez :* pl. II, fig. 3.

441 *ligne* 13, *au lieu de :* les teintures, *lisez :* la teinture.

443 par suite d'une erreur de transposition, la mention relative à M. Grawitz s'est trouvée intercalée dans la section des toiles peintes tandis que sa véritable place est p. 447 *ligne* 39.

445 *ligne* 45, *au lieu de:* Sekadraek, *lisez :* Schadrack.

447 *ligne* 33, *au lieu de:* teintures, *lisez :* tentures.

447 *ligne* 44, *au lieu de:* authracène, gris d'authracène, *lisez :* anthracène, gris d'anthracène.

448 *ligne* 9, *au lieu de:* tours, *lisez :* tons.

448 *ligne* 17, *au lieu de :* comprenan, *lisez :* comprenant.

450 *ligne* 42, *au lieu de :* apprêt fortement beetlé, *lisez :* tissus fortement beetlé.

451 *ligne* 4, *au lieu de :* à 66 centimètres, *lisez :* à soixante centimes le mètre.

455 *ligne* 8, *au lieu de:* Louis Vinaut, *lisez :* Louis Vinant.

455 dernière *ligne*, *au lieu de :* compte 511 fabriques de teinture, *lisez:* compte 511 fabriques et teintures.

458 *ligne* 35, *au lieu de :* Plusieurs avaient, *lisez :* plusieurs exposants avaient.

459 *ligne* 39 et 40, *au lieu de :* à nos pipes de livre, *lisez :* à nos pipes de terre.

459 *ligne* 42, *au lieu de:* qui s'enfouit, *lisez :* qui s'enfonce.

460 *ligne* 38, *au lieu de :* Traité des tinctoriales, *lisez :* Traité des matières tinctoriales.

Planches.

XIV *au lieu de :* fig. 7 et fig. 8 Machine pour tirage à poil avec dessins, *lisez :* Machine à tirer à poil en travers fig. 7 et fig. 8.

XVII n° 8, n° 9, n° 10, *au lieu de:* page 390, *lisez :* page 388.

IMPRESSIONS ET TEINTURE DES TISSUS

BLANCHIMENT ET BLANCHISSAGE

PAR

M. Jos DEPIERRE, INGÉNIEUR CIVIL.

TABLE DES MATIÈRES CONTENUES DANS CET ARTICLE.

	Pages.
Historique	349
Progrès réalisés depuis 1867	355
Noir d'aniline	357
Alizarine artificielle	361
Mordant d'acétate d'alumine	365
Mordant d'acétate de chaux	365
Recettes pour les couleurs vapeur	365
Nitro-alizarine	367
Bleu d'anthracène ou bleu d'alizarine	368
Indigo	369
De la préparation de l'indigo et de son application par les hydrosulfites	370
Préparation de l'hydrosulfite de soude acide	370
Préparation de l'ydrosulfite sodique saturé	371
Réduction de l'indigo	371
Fabrication des couleurs au moyen du précipité d'indigo réduit	372
Couleurs du précipité d'indigo réduit	373
Traitement des pièces imprimées	374
Anthra violet	375
Éosine	375
Céruléine et galléine	377
Naphtylamine	380
Outremers violet-rose	382
Couleurs d'aniline nouvelles et autres	383
Des couleurs dites au sulfure organique	385
Des huiles destinées à la fixation des couleurs, et généralement appelées mordants gras	386
Blanchissage	389
Lavage	392
Séchage	394
Blanchiment	395
Dessin industriel	399
Gravure	401
Apprêts	406
Machines et appareils employés dans la toile peinte et la teinture en général	408
Batteuses ou battoirs	409
Appareils relatifs à la préparation des couleurs	411
Appareils employés dans l'oxydation et le vaporisage des tissus	418
Vaporisage à la colonne	420
— à la cuve	420
Appareils à sécher : tambours, essoreuses, étentes, etc.	426
Machine à tordre et à détordre les écheveaux	428
Apprêts	429
Machines à tirer à poil en travers	436
France	441
Colonies françaises	448
Angleterre	449
États-Unis	451
Suède et Norwège	452
Italie	453
Japon	453
Chine	453
Espagne	454
Autriche-Hongrie	455
Russie	455
Suisse	456
Grèce	458
Danemark	458
Portugal	458
Pays-Bas et Colonies néerlandaises	459
Bibliographie	460
Revue des exposants. — Données statistiques concernant l'impression et la teinture. — Conclusion	441
Légende de la machine à tordre les écheveaux	461
Errata	462

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

TABLE DES FIGURES.

Figures.		Pages.
1.	— Lessiveuse Maillard	391
2.	— Laveuse	392
3.	— Machine à laver à simple et à double enveloppe	393
4.	— Essoreuse par compression	»
5.	— Séchoir rotatif	394
6.	— Réservoir pour imprimer les battiks	402
7.	— Planche à battiks	»
8.	— Pantographe de Guérin	404
9, 10, 11 et 12.	— Vide-tourie Serrin	412
13.	— Broyeuse à cône	413
14.	— — à boulèts	»
15.	— Appareil Garlandat	419
16.	— Cuve au tonneau	420
17.	— — à vaporiser	421
18.	— Barque à teindre les écheveaux	423
19.	— Séchage (système Koërting)	427
20.	— Appareil pour apprêts	430
21.	— Taparka	433
22.	— Machine à doubler	434

TABLE DES PLANCHES.

Planches.	Figures.		Pages.
I	1 et 2	Machine à brosser	409
II	1	Lessiveuse	391
	2	— circulaire	391
	3	Batteuse	409
	4	Vis à élargir	409
	4 et 5	— vue de côté	409
	6	— à élargir de Heresford	406
	7 et 8	Fermeture pour vaporisage	421
III	1 et 2	Élargisseuse américaine	410
IV	1	Vaporisage système Richard	422
	2	Secoueuse Coron	425
	3	Cuisine aux couleurs	414
	4	Tondeuse	408
	5	Blanchiment Barlow	395
	6	Machine à coudre	408

Planches	Figures.		Pages.
V	1 à 4	Vaporisage système Sifferlen	422
	5	Appareil à lessiver	390
	6	Cuve à teindre	432
VI	1	Cuve à dégommer	423
	2	Grillage système Tulpin	408
	3 et 4	Savonnage continu	424
	5	Vaporisage à la colonne	420
VII	1	Essoreuse à main	393
	2	Grilleuse système Blanche	395
	3	Vide-tourie	411
	4	Appareil à tamiser les couleurs	144
	5	Broyeuse	413
	6	Dessin de Battik	402
VIII	1 et 2	Séchoir à tambours	431
	3	Chaudière à blanchir	395
	4 et 5	Chariot de sécherie	427
IX	1 à 4	Machine à sécher les écheveaux	428
	5	Machine à laver les moleskines	396
X	1	Machine à sécher	429
	2	Chlorage à la vapeur	425
	3 et 4	Appareils à teindre	323
XI	1, 2, 3	Machine à élargir les tissus	434
	4	Séchoir avec hélice	426
XII	1 à 9	Machine à élargir	434
XIII	1 à 5	Machine à tirer à poil en travers	436
XIV	1	Machine à glacer les fils	440
	2 à 6	Machine à tirer à poil avec dessins	437-438
	7 à 9	Machine à gratter	436
XV	1	Machine à tordre les écheveaux	427-428
	2	Elargisseuse	411
	3	Enrouloir	409
	4	Elargisseuse	411
XVI	1	Machine à apprêter	431
	2	Séchoir avec élargisseuse Palmer	311-431
XVII	1	Noir d'aniline avec rouge et rose	361-364
	2	Bleu d'anthracène teint	369
	3	Pompadour, six couleurs	366
	4	Vert de céruléïne	379
	5	Bleu d'alizarine vapeur	369
	6	Noir d'aniline inverdissable	360
	7	Vert céruléine par teinture	379
	8	Rouge alizarine —	388
	9	Violet alizarine —	388
	10	Rose alizarine —	388

NOTE

sur la maroquinerie, la tabletterie et la vannerie.

(*Classe* 29).

Les produits exposés dans la classe 29 appartenaient à la catégorie de ceux qui sont connus sous le nom d'*articles de Paris*. Ils représentent les industries suivantes : maroquinerie, tabletterie, pipes et articles de fumeurs, vannerie fine, brosserie fine et commune, petits bronzes, petits meubles et petite ébénisteries. Ces industries diverses ont entre elles beaucoup d'affinité, mais peuvent néamoins être classées en quatre groupes principaux : 1° la *maroquinerie* et les petits meubles, comprenant la petite ébénisterie ; 2° la *tabletterie*, comprenant les pipes et les articles pour fumeurs ; 3° la *brosserie ;* 4° la *vannerie fine.*

Maroquinerie. — La maroquinerie comprend la fabrication des petits meubles de fantaisie, celle des nécessaires, des portefeuilles, des trousses de voyage, etc. ; celle enfin d'un grand nombre de petits articles tels que porte-monnaie, porte-cigares, etc. L'industrie de la maroquinerie est pour ainsi dire concentrée à Paris où l'on compte environ 280 fabricants et un millier d'ouvriers dont le salaire moyen atteint 6 francs par jour pour les hommes et 3 francs pour les femmes. Elle emploie les cuirs de Russie, les maroquins, les peaux de veau, de mouton, de sanglier et autres, le papier, la soie, le velours, les bois de rose, d'acajou, de thuya, de chêne, etc., l'os, la corne, l'ivoire, l'écaille, l'or, l'argent, le plaqué, et enfin le fer, l'acier, le cuivre, le maillechort, l'aluminium, etc.

Ces différentes matières sont mises en œuvre par des machines-outils très-nombreuses, balanciers, presses, tours, bancs à étirer, emporte-pièce, machine à percer, à rogner, à faire les charnières, machines à coudre et à piquer, machines à polir les cadres, à tremper et à fabriquer les clous. Ces dernières sont mues par la vapeur ; les autres sont dirigées à la main. La plupart des fabricants n'ont pas de matériel et n'occupent pas d'ouvriers en ateliers ; ils s'adressent aux ébénistes, tabletiers, bijoutiers, etc., qui travaillent à façon. On évaluait en 1867 à 12 millions de francs la production annuelle de la maroquinerie ; ce chiffre n'a pas sensiblement varié depuis cette époque par suite de la concurrence sérieuse que font à la France l'Allemagne et l'Autriche pour les articles courants, l'Autriche et l'Angleterre pour les articles riches.

Tabletterie. — On désigne sous le nom de tabletterie les petits objets d'ivoire, d'écaille, de nacre, de corne, d'os, de corozo, de bois durs, etc., tels que les statuettes d'ivoire, les billes de billard, les peignes, les tabatières, les montures de brosses, d'éventails, d'écrans, les jeux de trictac, de dominos, de dames, d'échecs, les fiches, les manches d'ombrelles et de parapluies, les couvertures de boîtes et de livres, les bonbonnières, étuis, nécessaires, etc. On la divise en tabletterie sculptée, tabletterie tournée et tabletterie proprement dite. Les départements de la Seine, de l'Oise, de l'Ain, de l'Eure et du Jura ont le monopole de toutes ces différentes fabrications. Les matières premières de cette industrie sont très-variées quant au prix et quant à l'origine. Pour la tabletterie proprement dite, on emploie l'or, l'argent, l'écaille, la nacre, l'ivoire, la corne, le coco, les bois durs, le carton, le cuir bouilli, etc. ; pour les peignes, l'écaille, l'ivoire, la corne, le bois, le caoutchouc durci ; pour la fabrication des pipes, l'écume de mer, la racine de bruyère, l'ambre, la corne, l'ivoire, l'os, les bois des îles, le cerisier, l'ébène, etc.

Le travail manuel prédomine dans cette industrie; cependant les fabricants de peignes emploient depuis longtemps des moyens mécaniques pour découper les plaques de corne et d'écaille. Le personnel comprend une foule de spécialités dont les principales sont, pour les hommes : les sculpteurs, les graveurs, les peintres, les apprêteurs en laque, les aplatisseurs de corne, les bronzeurs, les cartonniers, les découpeurs, les limeurs, les tourneurs, les polisseurs, les décorateurs, les marqueteurs, etc.; pour les femmes : les cartonnières, les polisseuses et les reperceuses. Le salaire journalier des ouvriers en tabletterie peut s'élever pour les hommes de 6 à 7 francs par jour et pour les femmes de 2 fr. 50 cent. à 3 francs. La plupart des fabricants occupent des ouvriers en chambre et n'ont pas d'atelier.

Brosserie. — La brosserie se divise en deux catégories : la grosse brosserie, qui comprend les brosses à habits, les brosses à frotter, les brosses de boulangers, les balais de soie, les polissoirs et décrottoirs, les passe-partout, les brosses à panser, les brosses à harnais, la brosse commune en chiendent, en coco, en tampico, etc.; et la brosserie fine, où se trouvent les brosses à habits, les brosses à tête, à dents et à ongles, les brosses à peignes, les blaireaux et pinceaux pour la barbe, etc. La brosserie fine se fabrique à Paris et dans le département de l'Oise, et s'exporte en Allemagne, en Russie et en Angleterre. La grosse brosserie se fait à Paris, Charleville, Nantes, Lyon, Rouen, Bordeaux, Niort et Toulouse.

On emploie dans cette industrie les soies de porc et de sanglier, le crin de cheval, le poil de chèvre, de chameau, le blaireau et le petit-gris, le chiendent, le tampico, les fibres de coco, etc. Les ouvriers travaillent aux pièces en ateliers; mais les femmes travaillent le plus souvent chez elles; le salaire moyen est pour les hommes de 5 fr. 50 cent. par jour, pour les femmes de 2 fr. 60 cent. et pour les enfants de 1 fr. 45 cent. On peut estimer à 20 millions la valeur des produits fabriqués annuellement; il en est exporté pour une somme d'environ 6 millions de francs. De nombreux perfectionnements ont été apportés depuis 1867 à l'outillage de cette industrie.

Vannerie. — Dès le XVIIIe siècle, les objets en vannerie fine fabriqués à Paris, et notamment les corbeilles de toilette et de dessert, étaient en grande réputation et faisaient l'objet d'un commerce d'exportation assez important. Aujourd'hui encore la vannerie fine de Paris est très-estimée; elle se compose des paniers à ouvrage, des nécessaires, des cabas, des corbeilles de fleurs, des paniers pour confiseurs et autres industriels, etc. A la vérité, ces objets ne se fabriquent qu'en petite quantité dans la capitale; ils se font en grande partie dans les départements de Seine-et-Marne, de l'Aisne, de l'Hérault, de Seine-et-Oise, de la Meuse et de la Charente-Inférieure où les vanniers parisiens ont eux-mêmes des maisons de fabrication. La vannerie dite *de luxe ou de fantaisie,* qui comprend les paniers, les corbeilles et les jardinières en osier peint et verni, bronzé on doré, les flacons clissés, etc., est seule essentiellement parisienne. Les matières premières de cette fabrication sont principalement l'osier, le rotin et le sparte, spécialement affecté aux ornements.

NOTE
sur la papeterie, les teintures et les impressions.

(Classe 60.)

Papeterie. — La machine à papier n'a pas varié depuis 1867; la largeur, la longueur, le nombre de cylindres sécheurs, ont pu être modifiés suivant les exigences de la fabrication, mais c'est toujours la même machine fonctionnant avec les mêmes organes.

Deux appareils nouveaux ont été introduits dans quelques usines : le premier est un *épurateur rotatif* venant d'Écosse, et dont le travail est bien supérieur à celui des épurateurs ordinaires; le second est une *calandre* venant d'Autriche, et dont l'usage commence à se répandre en France.

La nécessité de trouver des succédanés au chiffon a développé l'esprit inventif des constructeurs français, et les appareils primitifs destinés à fabriquer la pâte de paille ont été perfectionnés en même temps que des brevets nombreux et intéressants ont été pris pour la construction d'appareils destinés à faire de la pâte de bois. Cette industrie a pris des développements considérables en France, et on a installé dans de nombreuses usines des appareils pour fabriquer la pâte de bois. Cependant on importe encore près de 8,000 tonnes de pâtes de bois provenant de la Suède, de la Belgique et de la Suisse.

Impressions. — L'industrie des impressions se divise en quatre branches principales : la gravure, la fonte des caractères, la fabrication des encres, l'imprimerie.

La *gravure* en taille-douce, si fine et si délicate, a dans la gravure typographique sur bois une rivale très-sérieuse, grâce à la facilité de la reproduction des publications illustrées si nombreuses aujourd'hui. Dans ces dernières années, la gravure héliographique est venue disputer à la gravure sur bois le monopole presque exclusif qu'elle avait acquis, mais sans lui faire perdre encore sa prépondérance.

Les premiers *caractères* employés par Gutenberg étaient gravés sur bois. Après des tentatives heureuses de Scheffer, ces caractères en bois furent remplacés par des caractères fondus avec un alliage de plomb et d'antimoine.

Actuellement les caractères fondus sont universellement employés, et l'industrie française est parvenue à une perfection remarquable dans la fonte des caractères les plus fins et les plus déliés; sa production depuis 1867 a plus que doublé; sa transformation par la machine à fondre est aujourd'hui complète et donne d'excellents résultats.

L'établissement de quelques usines importantes a donné un essor considérable à la *fabrication des encres*. La production en France a plus que triplé dans la dernière période décennale, et certaines fabriques exportent plus d'encre qu'elles n'en fournissent à la consommation intérieure.

Les *presses lithographiques et chromolithographiques* ont reçu d'importants perfectionnements, et, grâce à l'activité et aux recherches des constructeurs français, soutiennent avec succès la concurrence sur les marchés étrangers.

La construction des *presses à labeur* est enfin de plus en plus soignée en France. L'invention de la *presse à papier continu* rend les plus grands services pour l'impression des journaux. Quoique cette invention ne soit pas française, on peut dire que ce sont les constructeurs français qui, par les perfectionnements qu'ils ont adoptés dans la disposition de ces machines, en ont vulgarisé l'emploi.

MACHINES A VAPEUR

TROISIÈME PARTIE

MACHINES FIXES ET DEMI-FIXES (1)

PAR M. LUCHARD

Il serait difficile de signaler en ce qui concerne les machines à vapeur quelques découvertes bien saillantes depuis l'Exposition de 1878, quelque'innovation importante, surtout en ce qui concerne le fonctionnement de la vapeur. Le véritable progrès de la mécanique depuis cette époque peut se résumer en quelque sorte dans le fait même de l'emploi de plus en plus général de la vapeur, dont le rôle se substitue chaque jour à celui des autres forces motrices. Les machines demi-fixes ou portatives comme les locomobiles sont largement employées maintenant dans les travaux publics; bon nombre d'appareils agricoles sont aujourd'hui mus par la vapeur. Le chargement des navires se fait presqu'exclusivement dans les ports avec des grues à vapeur; dans les usines, les manœuvres se font avec les grues roulantes et les chariots à vapeur.

Partout enfin, jusque dans la petite industrie, à laquelle les machines à gaz rendent déjà de bons services, partout pénètre la machine motrice, exonérant ainsi l'ouvrier des travaux les plus pénibles.

Ce qu'ont cherché les constructeurs de machines à vapeur, c'est par des perfectionnements de détails, à améliorer le rendement calorifique, à réduire à la plus faible limite possible la consommation du combustible par rapport au travail produit, et, disons-le de suite, ils ont obtenu actuellement des résultats excellents. C'est dans ce sens surtout que se manifestent les progrès apportés à la construction des machines à vapeur. Aussi ne rencontrons-nous pas de systèmes de machines fondés sur des principes nouveaux, mais au contraire des types déjà connus et perfectionnés principalement dans les appareils de distribution, parfaitement étudiés dans tous les détails et soigneusement exécutés.

En 1878, les types de machines à vapeur sont beaucoup moins variés qu'à l'Exposition de 1867. A part les machines composées des organes fondamentaux adoptés par les constructeurs des premiers temps et qu'on peut appeler *classiques*, et quelques machines d'un agencement tout particulier, elles se rapportent pour la plupart à deux types déjà connus, il est vrai, mais pour lesquels on semble avoir aujourd'hui une préférence exclusive, le type Corliss et les machines Compound. Le goût du jour est tellement au type Corliss que les machines les plus classiques lui empruntent la forme de son bâti. Nous aurons donc plus particulièrement à étudier les machines Corliss et Sulzer, les machines Compound et Woolf à balancier en reléguant au second plan les machines horizontales du type que nous avions connues jusqu'alors et que la mode semble aujourd'hui délaisser. Nous ne voulons pourtant pas dire que l'introduction des machines Corliss ait été sans influence sur les progrès

---

(1) I. Machines locomotives, tome V, page 80.
II. Machines et chaudières marines, tome V, page 104 et 191.

apportés dans l'industrie des machines à vapeur; au contraire, puisque la disposition et le genre des organes nécessitant un grand soin dans la construction ont permis aux constructeurs d'augmenter la vitesse de marche et de réaliser ainsi de plus grandes puissances sous un volume plus restreint.

Il y avait à l'Exposition près de 300 machines à vapeur dont 100 environ demi-fixes soit horizontales, soit verticales, montées sur leur chaudière. Des 200 autres, 106 étaient à cylindre horizontal unique (France 45, Angleterre 34, Belgique 10), 13 à deux cylindres horizontaux (dont 6 françaises), et 12 machines horizontales Compound (dont 7 françaises). On comptait 35 machines verticales (France 11, Angleterre 14) dont 3 Compound, et 5 machines Compound à balancier. Enfin, 29 machines appartenaient à des types différents, système Brotherhood, machines oscillantes ou machines rotatives.

C'est naturellement la France qui se trouvait le mieux représentée. L'Angleterre ne possédait qu'une seule machine puissante, celle de MM. Galloway. Il est regrettable que les grands constructeurs de ce pays n'aient pas envoyé au moins quelques spécimens de leurs meilleurs produits qu'il faut aller chercher dans la section agricole où ils sont nécessairement de bien plus petites dimensions. L'Autriche-Hongrie n'avait envoyé qu'une demi-douzaine de machines à vapeur, les principaux constructeurs s'étant abstenus. La Russie, la Suède, l'Italie, l'Espagne et la Hollande n'en comptaient chacune que trois ou quatre. La machine Wheelock formait avec une douzaine d'autres petites machines le contingent assez peu important de la puissante Amérique. De ces 200 machines fixes, 35 étaient en mouvement et actionnaient pour la plupart les transmissions des classes 50 à 60 dans les galeries des machines françaises et étrangères.

Les machines motrices de la section française étaient au nombre de vingt pouvant fournir ensemble une force de 1,250 chevaux. En voici l'énumération dans l'ordre de leur installation dans la grande galerie en commençant par son extrémité la plus rapprochée de la Seine : (Voir le plan, tome IX, pl. A).

Section I. — Machines horizontales accouplées (70 chevaux), de MM. Lecointe et Villette, actionnant les classes 52 et 58.

Section II. — Machine horizontale Compound (40 chevaux), de M. Claparède, actionnant les classes 52 et 53.
Machines horizontales accouplées système Sulzer (100 chevaux), de MM. Satre et Averly, actionnant les classes 52 et 53.

Section III. — Machine horizontale (40 chevaux), de MM. Orly et Grandemange, actionnant la classe 59.
Machine horizontale (50 chevaux), de M. Duvergier, actionnant la classe 59.

Section IV. — Machine verticale (45 chevaux), système Woolf de M. Boyer, actionnant la classe 55.
Machine horizontale (100 chevaux), également de M. Boyer, actionnant la classe 59.

Section V. — Machine horizontale système Compound (40 chevaux), de MM. Boudier frères, actionnant la classe 55.
Machine verticale système Woolf (30 chevaux), du même constructeur, actionnant la classe 55.

Section VI. — Machine horizontale (60 chevaux), système Corliss de la maison Cail et Cie, actionnant la classe 54.
Machine horizontale (60 chevaux), système Corliss de M. Farcot, actionnant la classe 54.

Section VII. — Machine horizontale système Corliss (100 chevaux), de MM. Legavrian et fils, actionnant la classe 54.
Machine horizontale système Corliss (120 chevaux), de MM. Lecouteux et Garnier, actionnant la classe 54.

Section VIII. — Machine horizontale (50 chevaux), système Sulzer de la Société d'Anzin, actionnant la classe 50.
Machine horizontale (40 chevaux), de M. Bréval, actionnant la classe 50.
Section IX. — Machine horizontale système Compound (100 chevaux), de la Société de construction de Pantin (Weyher et Richemond), actionnant la classe 56.
Machine horizontale (40 chevaux), de la Société de construction de Marquise, actionnant la classe 56.
Machine verticale à balancier (100 chevaux), de MM. Thomas et Powel, actionnant les classes 56 et 57.
Section X. — Machine horizontale système Compound (30 chevaux), de M. Hermann-Lachappelle, actionnant la classe 57.
Section XI. — Machine horizontale (40 chevaux), de la Cie de Fives-Lille, actionnant la classe 60.

Ne sont pas comprises dans cette nomenclature les belles machines accouplées, de 700 chevaux, système Corliss de M. Farcot, destinées à être mises en mouvement et que le constructeur, par une circonstance indépendante de sa volonté, a dû laisser forcément au repos. Huit machines donnaient le mouvement aux transmissions des sections étrangères.

Machines horizontales de 300 chevaux de MM. Galloway et Sons (Angleterre).
Machine horizontale de M. Wheclock de Worcester, Massachussetts (Amérique).
Machine horizontale de M. Zimmermann (Hongrie).
Machine horizontale de M. Collmann de Vienne (Autriche).
Machine horizontale de 120 chevaux, de MM. Sulzer frères, Winterthur (Suisse).
Machine horizontale de 60 chevaux, de MM. Escher et Wyss de Zurich (Suisse).
Machine horizontale de 30 chevaux, de M. Walschaerts (Belgique).
Machine horizontale de 50 chevaux, de MM. Cail, Halot et Cie (Belgique).

Le lecteur n'attend pas de nous sans doute que nous décrivions l'une après l'autre les 200 machines fixes de l'Exposition. Nous en choisirons un certain nombre, les plus intéressantes, en groupant autour d'elles celles moins importantes dont le mode de construction et les caractères généraux s'en rapprochaient le plus. Nous étudierons les machines en les classant, non pas au point de vue de leur spécialité de destination, mais, ce qui nous a paru plus rationel, en prenant pour base le mode de construction du système et le mode de fonctionnement des organes de distribution.

Les machines à distribution perfectionnée tiennent naturellement le premier rang. Ce sont d'abord les machines système Corliss et ses dérivés, les machines Sulzer différant des précédentes par la construction des obturateurs d'admission de vapeur. Viennent ensuite les machines actuellement désignées sous le nom de *Compound*, et les machines Woolf à balancier dont les précédentes ne sont qu'une variante.

La classification sera donc la suivante :

Machines Corliss proprement dites et types qui en sont dérivés.
Machines Sulzer à soupapes équilibrées.
Machines Compound.
Machines Woolf à balancier.
Machines horizontales ordinaires.
Machines diverses.

Quelques mots d'abord sur chacun de ces systèmes.

Système Corliss. — Le caractère distinctif des machines type Corliss consiste dans le mode de distribution qui s'effectue, non plus par tiroir simple ou double, avec ou sans glissière, (détente Meyer, détente Farcot), mais par quatre organes en forme de secteurs, tiroirs cylindriques ou soupapes placés deux à deux à chaque extrémité du cylindre, l'un pour l'admission, l'autre pour l'échappement. Le fonctionnement des secteurs d'échappement est naturellement invariable, celui des secteurs d'admission est soumis à l'action d'un mécanisme spécial de détente. Les conduits d'échappement et d'admission étant distincts, il n'y a pas échauffement et refroidissement successifs des mêmes parois, d'où résulte une condensation moindre. Les sections de passage de la vapeur sont plus grandes de manière à pouvoir découvrir plus rapidement et à éviter ainsi le laminage, ce qui permet d'obtenir des vitesses de piston plus considérables. L'influence des espaces nuisibles est notablement réduite par la position même des obturateurs. L'eau de purge trouvant dans les orifices inférieurs d'échappement une issue directe et facile, les chances de coup d'eau sont moins grandes. Les distributeurs d'admission sont manœuvrés par déclic de manière à produire une introduction instantanée de chaque côté du piston, pour utiliser complétement la détente de la vapeur. Le régulateur agit pendant un temps très-court en actionnant directement le déclanchement. Le mouvement est donné aux distributeurs par un simple plateau oscillant portant des tourillons sur lesquels sont articulées les bielles de commande, et qui sont calés de manière à produire une ouverture rapide à l'admission et une ouverture continue à l'échappement.

La première machine Corliss, dont le brevet fut pris en 1849 était à balancier avec distribution par tiroirs plans. C'est en 1850 que l'inventeur construisit sa machine à tiroirs cylindriques. En 1858, il invente le déclanchement à fourchette que nous retrouverons sous le nom de Harris-Corliss dans l'une des machines de la section étrangère. Le type que présentait M. Corliss à l'Exposition de 1867 avait un déclanchement à ressorts en lame de sabre. C'est la première machine avec bâti en porte à faux représentant un type déjà très-perfectionné. Mais il fut peu compris par les constructeurs européens. La dernière forme de distribution donnée par M. Corliss à ses machines date de 1875. C'est la disposition à deux tourillons, au lieu de quatre, sur le plateau, pour la commande des bielles actionnant les distributeurs. La pression atmosphérique agit seule sans le secours de poids ou de ressorts pour fermer les soupapes. Telle était la distribution de la grande machine à balancier qu'il avait exposée à Philadelphie en 1876. MM. Legavrian et fils sont les concessionnaires en France du brevet Corliss.

Ce système est néanmoins construit chez nous par différents constructeurs par suite d'arrangements avec MM. Legavrian se trouvant dans l'impossibilité de faire seuls face aux nombreuses commandes qui leur étaient adressées. Ce sont MM. Lecouteux et Garnier de Paris, Corbran et Lemarchand de Rouen, Jollet et Babin à Nantes.

Le système Corliss pur était représenté en 1878, au Champ de Mars, par trois belles machines : 1° celle de MM. Legavrian et fils, de 150 chevaux ; 2° celle de MM. Lecouteux et Garnier, de 120 chevaux ; 3° celle de MM. Corbran et Lemarchand, de 120 chevaux. Mais il se retrouve partout plus ou moins modifié, souvent dans la disposition des soupapes, le plus généralement dans le mode de déclanchement de la distribution. Les machines ordinaires leur empruntent la forme de son bâti, partout on rencontre du Corliss. Nous en serons bientôt convaincus en examinant les machines exposées.

Toutefois ce système, il faut le reconnaître, ne présente-t-il aucune économie sur les autres, au point de vue de la consommation du combustible, aurait du moins le mérite d'avoir préparé l'industrie à l'idée d'employer des machines à

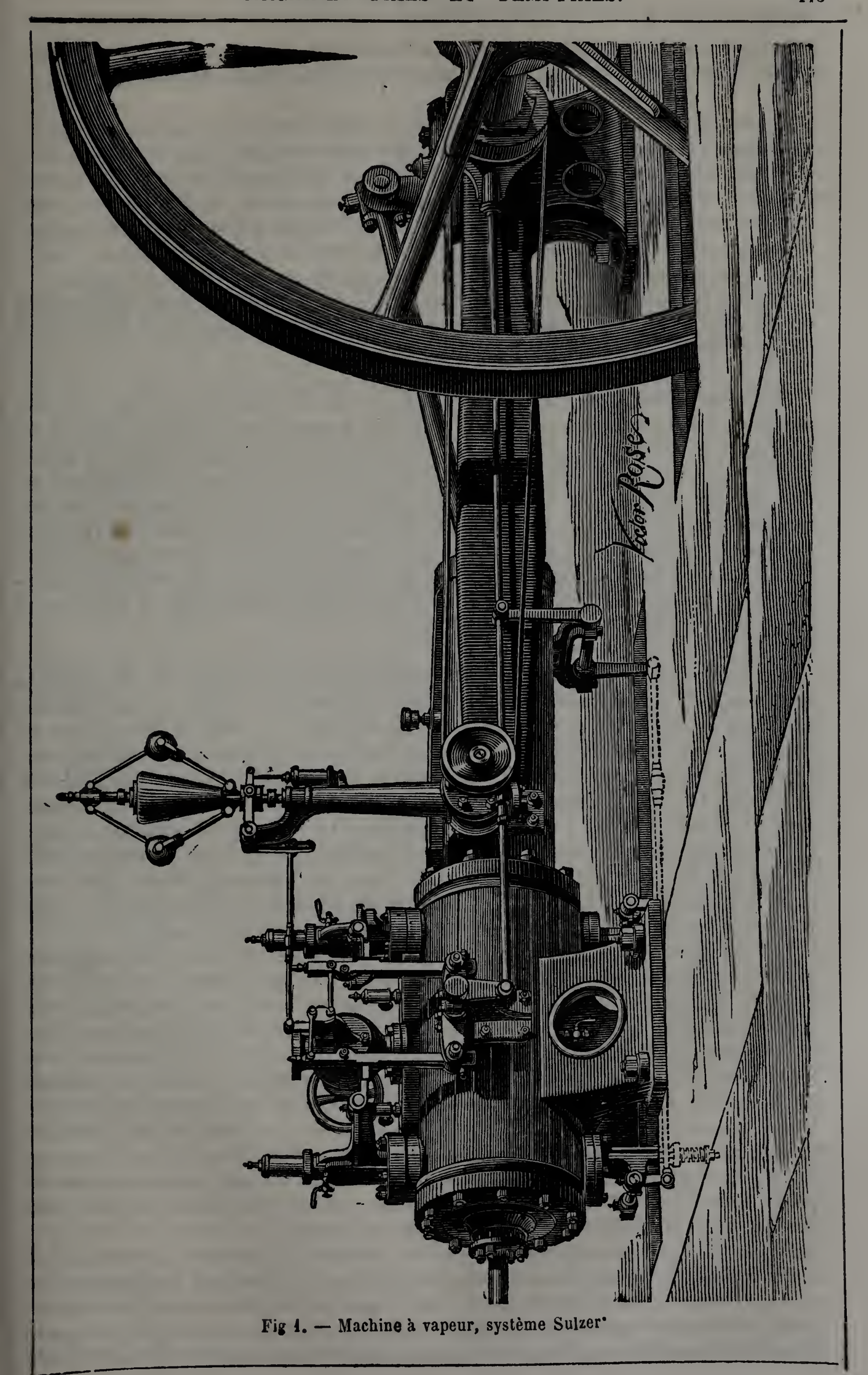


Fig 1. — Machine à vapeur, système Sulzer.

grande vitesse plus puissantes sous un moindre volume, et par conséquent coûtant moins cher tout en étant d'une construction mieu soignée.

Système Sulzer.—La machine Sulzer fig.1 p.465 est encoi c une machine à quatre distributeurs, ou soupapes équilibrées maintenues sur leur siège par des ressorts à boudins. Les tiges des soupapes d'admission sont pourvues de petits pistons formant coussins d'air. Les soupapes d'échappement et d'admission sont manœuvrées par des cames. Les cylindres sont toujours à enveloppe de vapeur et le régulateur du système Porter est commandé de préférence par un engrenage donnant une transmission plus rigide que les poulies et les courroies.

Le type Sulzer était représenté d'une façon très-remarquable par les machines de MM. Sulzer frères de Winterthur, celles de MM. Sâtre et Averly de Lyon et celles de MM. Quillacq et Cie d'Anzin.

Système Compound, machines Woolf. — La machine Compound est une machine à deux cylindres d'inégale dimension ayant chacun leurs organes de distribution. La vapeur agit dans le plus petit cylindre le plus souvent à pleine pression, et de ce cylindre passe dans le second naturellement plus grand où elle agit par détente. Le travail de la vapeur est donc le même que dans les machines Woolf. Ce qui constitue la différence des deux systèmes, c'est que dans les machines Woolf la vapeur passe directement d'un cylindre dans l'autre, tandis que les deux cylindres Compound sont séparés par un récipient intermédiaire installé de façon à pouvoir réchauffer la vapeur qui la traverse en quittant le petit cylindre.

L'emploi des deux cylindres sans augmenter la puissance de la machine donne beaucoup plus de régularité; la variation des efforts mieux répartis auxquels sont soumises les pièces du mécanisme est bien moindre, tous les organes sont moins fatigués et peuvent alors être construits avec des dimensions plus faibles. On diminue également la condensation de la vapeur dans le petit cylindre en garnissant ce dernier d'une enveloppe dont les parois conservent une température à peu près constante. La vapeur en sortant du petit cylindre après y avoir travaillé à pleine pression ou avec un commencement de détente se réchauffe en traversant le réservoir intermédiaire et vient agir dans le grand cylindre, généralement pourvu lui-même d'une enveloppe, dans d'excellentes conditions pour éviter un refroidissement trop brusque.

Les machines de Woolf à balancier ont été longtemps les plus employées, et se recommandaient à certaines industries par des qualités très-sérieuses, rondeur de marche, stabilité, équilibre des organes, etc. Elles sont surtout très-commodes pour actionner les pompes des élévations d'eau. En raison de leur grande masse et de la régularité qui en résulte, de leur faible vitesse, et de leurs grandes dimensions relatives, elles peuvent fournir un travail excédant de beaucoup leur puissance nominale. En revanche, elles sont très-lourdes, très-encombrantes, très-coûteuses par l'importance des massifs de fondation. Leur installation nécessite un grand espace, il se produit facilement des tassements, des ruptures. On ne peut obtenir des vitesses un peu grandes à cause du poids et de l'élasticité des longues pièces qui transmettent le mouvement dont les changements rapides de direction sont impossibles.

Il n'est pas étonnant qu'on ait créé des systèmes de machines permettant de réaliser à moins de frais des avantages plus grands, d'obtenir notamment des vitesses supérieures. Cependant elles sont encore employées dans les filatures pour l'uniformité du travail, la régularité du mouvement qui est pour ce genre d'industrie une des conditions de marche les plus importantes. Aussi trouvons-

nous au Champ de Mars comme machines à balancier les beaux spécimens exposés par MM. Boyer de Lille, Boudier frères, Windsor, Thomas et T. Powell de Rouen.

Avant d'examiner en détails chacune des principales machines exposées, nous allons les prendre d'abord dans leur ensemble et les comparer organe par organe. Ce rapprochement fera mieux ressortir les avantages ou les inconvénients des systèmes plus ou moins à la mode, ainsi que la diversité des types et les tendances de l'industrie actuelle.

1° Bâtis et plaques de fondation. — La moitié au moins des machines françaises les plus importantes ont leur bâti du type Corliss, bâti en porte à faux formé par les glissières cylindriques qui se relient directement au cylindre d'une part, et de l'autre au palier moteur par un bras en forme de poutre creuse, le tout d'une seule pièce. Ce qui ne veut pas dire qu'elles appartiennent toutes à ce système.

La véritable machine Corliss, telle que l'exposent MM. Legavrian et fils, Corbran et Lemarchand, Lecouteux et Garnier, possède cependant le bâti droit dont la section est celle d'un T avec palier rapporté et cylindre indépendant, tandis que la Compagnie de Fives-Lille et la Société d'Anzin (Quillacq) emploient le bâti creux et le palier fondus d'une seule pièce. On rencontre beaucoup le bâti Corliss modifié en forme de semelle formant plaque de fondation dans toute sa longueur. D'autres machines, comme celles de MM. Buffaud ont un bâti de forme dite « baignoire » terminé du côté cylindrique par une collerette circulaire sur laquelle ce dernier est solidement boulonné, quoique supporté lui-même par un socle reposant directement sur le massif de fondation. Les glissières sont placées au centre du bâti symétriquement à ses deux flasques.

Plusieurs machines, la machine Sulzer entre autres, ont leur bâti à section en Y. Mais un plus grand nombre ont conservé l'ancienne plaque de fondation en une seule pièce sur laquelle le cylindre est directement assis. On y voit encore les moulures et les ornements qui ne sont plus guère de mode et auxquels on a substitué les formes lisses beaucoup plus rationnelles et se prêtant plus facilement au nettoyage. Cette observation se rapporte uniquement aux machines horizontales, car les colonnes et les entablements des machines verticales à balancier par exemple, doivent présenter naturellement un caractère plus ou moins architectural auquel l'ornementation convient parfaitement bien.

Enfin, deux ou trois constructeurs ont adopté des formes spéciales commandées par la disposition qu'ils avaient donnée à leurs machines. MM. Weyher et Richemond ont adopté une forme de bâti qui relève considérablement le cylindre, ce qui donne aux pattes de fixation un aspect peu robuste. Le bâti de la machine Fourlinnie (usines de Marquise) est très-élevé, on dirait une table montée sur huit pieds. Celui de la machine Claparède est très-robuste, il a la forme d'une boîte creuse de hauteur à peu près régulière et s'élargissant à l'avant pour recevoir les deux cylindres Compound.

Dans la machine Galloway, la plaque de fondation est large, simple, d'une seule pièce et très-robuste. C'est, disons-le en passant, la seule machine anglaise de la grande galerie. Il faut aller chercher les autres dans l'annexe du matériel agricole, celles de MM. Marshall et fils, de MM. Clayton et Shuttleworth, de MM. Ruston et Proctor, Ramsomes et Sims, etc. Elles sont beaucoup moins importantes et chaque type présente une forme de bâti particulière.

En Belgique, le bâti Corliss est très-apprécié. Néanmoins les deux machines exposées par la Société John Cokerill de Seraing ne présentaient pas cette forme. Le bâti de la machine Reversing se compose de plusieurs pièces en forme de

boîte, dont quatre supportant les cylindres, et quatre autres les glissières et les paliers.

Des cinq machines suisses installées dans la grande galerie, quatre possèdent le bâti genre Corliss en forme de boîte. M. Brown a donné à la sienne la section en Y.

En résumé, la majorité des grands constructeurs ont adopté le bâti plus ou moins Corliss avec le cylindre quelquefois en porte à faux, et la glissière de tête de piston formant la masse principale qui relie les deux parties extrêmes de la plaque de fondation. Le poids de la machine repose ainsi tout entier en deux points, sur le support à l'avant du cylindre, et sur la semelle à l'aplomb des paliers. Cette disposition a le défaut de manquer d'assiette, mais en revanche elle permet l'accès facile de toutes les pièces du mécanisme. Les cylindres reposent tantôt sur deux supports séparés, tantôt sur un support unique qui règne dans toute leur longueur, à moins, comme nous l'avons dit, qu'ils ne soient fixés en porte à faux sur le plateau circulaire que termine la glissière cylindrique de la crosse du piston. Dans les machines françaises le palier de l'arbre moteur est souvent rapporté et fixé sur le bâti par de forts boulons. Cette forme se rencontre à l'exception des machines Corliss, plus particulièrement dans les anciens bâtis à semelle. Aujourd'hui, à l'étranger comme en France, la préférence est au palier venu de fonte dans la masse. Le chapeau de palier est tantôt horizontal, tantôt oblique ; les coussinets sont construits en trois ou quatre morceaux et pourvus d'un double réglage dont le système est très-variable. La section des coussinets en quatre parties se fait souvent par deux plans parallèles horizontaux distants l'un de l'autre d'à peu près les deux tiers du diamètre de l'arbre ou bien par des plans en diagonale, à angle droit et à 45° de la verticale. Dans d'autres machines on a adopté la division en trois parties égales; il n'est pas rare de voir aussi le coussinet inférieur d'une seule pièce et celui du dessus en deux parties. Presque toujours le jeu vertical se rattrape par le serrage des boulons du chapeau, et le jeu latéral par des coins à vis de rappel. Parfois, comme dans plusieurs machines suisses le coin n'existe que du côté opposé au cylindre, de manière que le jeu de la bielle et celui des coussinets du palier se produisent dans un sens opposé. Dans les machines Corliss françaises, les coins sont remplacés par une série de vis de pression agissant latéralement. Le chapeau en fonte porte presque toujours aux deux extrémités un talon qui s'ajuste sur le palier, et facilite l'arrangement des coins à l'intérieur. Dans certains cas, comme l'ont fait MM. Chaligny et Guyot-Sionnest, M. Cail dans sa machine de forge, M. Beer dans sa machine de ventilation, MM. Marshall de Gainsborough et M. Brown de Winterthur, le double rattrapage de jeu est indépendant du mode de fixation du chapeau pour permettre d'une manière constante le serrage à bloc de ce dernier. Chez les constructeurs anglais le réglage des coussinets est très-simple : ainsi dans la grande machine de Galloway les coussinets sont circulaires et coupés en deux dans le sens horizontal. D'autres maisons comme la Société J. Cokerill préfèrent la section verticale avec coins de rattrapage ou vis de rappel latérales et chapeau serré à bloc.

Dans la plus forte des machines de MM. Marshall, il y a quatre coussinets et le réglage se fait à la fois par des coins et un jeu de vis. Les coussinets des machines de petit modèle sont en trois pièces, et les boulons du chapeau servent au réglage vertical; un coin agit dans l'autre sens.

M. Farcot, M. Quillacq et d'autres encore emploient les coussinets en quatre morceaux dont trois en bronze et le quatrième, celui du dessus, en fonte.

Quant à la forme extérieure ce sont les coussinets plats qui dominent; les coussinets ronds sont moins nombreux (Galloway, J. Cockerill).

Les coussinets sont généralement munis de joues sur leur pourtour excepté

dans les machines Corliss, où le chapeau n'est la plupart du temps maintenu que par deux boulons, au lieu de quatre.

L'ancienne forme de glissières doubles pour la tête de piston est aujourd'hui à peu près complétement abandonnée. On l'a remplacée par la glissière creuse plus logique permettant d'augmenter les surfaces de frottement autant qu'on le veut. Dans les machines Corliss françaises et quelques machines belges, les coulisseaux ont la forme d'un V. Plusieurs constructeurs ont préféré la forme demi-cylindrique; la forme plate se rencontre au contraire dans les machines Cockerill et Galloway. Diverses maisons adoptent maintenant la glissière unique, avec coulisseau glissant en-dessus ou en-dessous, il y en avait quelques exemples au Champ de Mars.

Toutes les machines à balancier excepté celle de Seraing étaient du système Woolf.

Dans les machines de M. Boyer et de MM. Boudier le palier du tourillon principal, est porté par quatre colonnes en fonte que relie à l'une de ses extrémités un entablement léger supporté lui-même à l'extérieur par un étai en fer reposant sur le grand cylindre.

Dans la machine Powell de Rouen, les quatre colonnes sont remplacées par une seule beaucoup plus grosse; la disposition dè l'entablement reste à peu près la même.

Les quatre colonnes reparaissent dans la belle machine de MM. Windsor et fils de Rouen, à l'endroit des paliers principaux; mais la grande plate-forme qui la surmonte est portée par six colonnes auxiliaires pareilles aux premières.

Le bâti de la machine d'épuisement de Cockerill ne vise en rien à l'effet architectural, il présente l'aspect de fortes poutres verticales reliées entre elles par des traverses de même style.

Les diverses autres machines verticales ne présentont rien de remarquable quant au bâti; Alexander frères de Barcelone, Le Creusot, Société anonyme des constructions navales du Havre. Ces deux dernières sont construites sur le type des machines marines, et sont connues sous le nom caractéristique de machines-pilons.

2° Cylindres à vapeur. — Tous sont en fonte avec nervures de consolidation; la plupart sont pourvus de pattes servant à les fixer sur le massif de fondation. Certains sont au contraire en porte à faux sur le bâti et ne se trouvent reliés à ce dernier que par une forte collerette cylindrique formant saillie à l'extérieur du fond. Pour les machines à deux cylindres, sauf une ou deux exceptions, ceux-ci sont coulés séparément. Cette indépendance a son avantage pour le remplacement en cas d'avarie partielle. Presque tous les cylindres possèdent une enveloppe de vapeur, leurs couvercles mêmes ont un double fond. Ce qui n'exclut pas la garniture extérieure en feutre avec couverture en bois d'acajou. Ces enveloppes de vapeur sont rarement venues de fonte avec le cylindre. C'est une pièce séparée qu'on emmanche à chaud sur le cylindre proprement dit, les portées alésées de l'une correspondent aux cordons tournés de l'autre. L'emmanchement se fait aussi à froid par la presse hydraulique.

On obtient avec une circulation de vapeur sèche autour des cylindres jusqu'à 20 et 25 pour cent d'économie, surtout dans les machines à condensation et à grande détente. C'est surtout dans les machines à quatre distributeurs que l'application de l'enveloppe présente quelque difficulté; la main-d'œuvre d'ajustement est moindre en coulant le cylindre avec son enveloppe et ses supports, dans ce cas les joints sont supprimés, mais l'exécution de fonderie est très-difficile, et tout est à changer en cas de réparation, nous pourrions ajouter que le cylindre devant résister au frottement et l'enveloppe à des effets de dilata-

tion et de contraction, il y aurait lieu de choisir deux sortes de fontes différentes. L'emmanchement est une œuvre délicate d'une exécution difficile; trop juste, il peut faire éclater l'enveloppe; pas assez serré, il laisse passer la vapeur à l'extérieur. L'emmanchement à froid à la presse hydraulique nous paraît plus rationnel, et c'est en effet le mode d'exécution le plus suivi.

Les pistons de machines ordinaires sont tous aujourd'hui construits suivant le système suédois de Ramsbottom, c'est-à-dire qu'ils sont garnis de cercles d'acier, de fonte ou de bronze, et aussi légers que possible. La tige est souvent forgée avec le plateau; plus souvent encore elle est rapportée; dans ce cas l'emmanchement est conique, lisse, vissé et rivé ou fortement serré par un écrou. Dans quelques machines la tige de piston se continue de l'autre côté et sort par le couvercle d'avant du cylindre. Cette disposition a pour but de diminuer l'effet produit par le poids du piston qui se trouve en outre mieux guidé et dont la tige se fatigue moins et ménage davantage la garniture du stuffing-box.

Mécanisme de transmission. — Les organes de transmission n'ont pas offert de formes nouvelles depuis quelques années. Dans la plupart des machines à un seul cylindre, c'est toujours la manivelle ordinaire en fer calée sur l'arbre moteur, MM. Chaligny et Guyot-Sionnest et MM. Ramsomes, Sims et Head ont au contraire forgé la manivelle d'une seule pièce avec l'arbre. Pour les machines à deux cylindres dites machines accouplées avec arbre moteur unique et volant placé au milieu des deux, les manivelles sont rapportées, tandis que les arbres des machines dites Compound sont à double manivelle coudée d'une seule pièce.

MM. Boudier frères emploient dans leur machine Compound horizontale un arbre à coude pour le cylindre à haute pression et deux manivelles ordinaires pour le grand cylindre, calées l'une à l'extrémité de l'arbre du petit cylindre et l'autre sur l'arbre du volant proprement dit, le bouton de manivelle est fixe sur l'une et libre sur l'autre. Dans la machine Reversing de Seraing l'arbre moteur est en deux parties reliées par un manchon à plateau ordinaire.

La forme des bielles est intéressante à étudier, au point de vue du mode employé pour régler le serrage des coussinets en cas d'usure. Dans la marine. le réglage se fait par des vis de buttée, agissant directement dans le sens de l'effort, Cette disposition est peu usitée en France pour les machines fixes. Dans toutes les machines, soit horizontales, soit verticales, on rattrape l'usure des coussinets de deux manières différentes, l'une qui tend à diminuer la longueur de la bielle, s'applique plus particulièrement à la grosse tête sur le bouton de manivelle, la seconde augmente au contraire cette longueur, et convient principalement au réglage des petites têtes du côté de la crosse de piston. C'est la forme à œil avec simple clavette intérieure, maintenue à la position convenable sur la contre-clavette, par un boulon à double écrou. Dans la première disposition, la tête est à chape ouverte, et le clavetage est extérieur. Quelquefois la chape qui tend à s'ouvrir, est maintenue par une bride additionnelle, indépendante du clavetage. La grosse tête de bielle, forme marine, se rencontre dans l'exposition de MM. Weyher et Richemond et de M. Hermann Lachapelle. Certains constructeurs français et belges rattrapent le jeu des petites têtes de bielles avec un système à coin remplaçant la clavette, système qu'on rencontre quelquefois aussi en Angleterre. Les bielles en fonte ne se voient plus que dans les machines à balancier, où le fer se substitue de plus en plus à la fonte. Dans toutes les autres machines, les bielles sont en fer à section circulaire. Deux ou trois font exception, celle du train de laminoirs de Seraing par exemple, dont la section est rectangulaire.

Les têtes de piston sont presque toujours en fer, avec coulisseaux rapportés

le plus souvent en fonte. Nous n'en avons remarqué aucune venue de forge avec la tige de piston, comme cela se fait au contraire fréquemment dans les machines de bateaux. La tête est généralement maintenue sur la tige par une simple clavette.

MM. Sulzer emploient un réglage à clavette avec double contre-clavette. M. Farcot préfère l'emmanchement à vis, et MM. Galloway font passer la tige au travers de la tête et l'y fixent avec un fort écrou. Dans les machines à deux glissières, on règle l'usure en rapprochant la glissière supérieure de celle du bas, ou en rechargeant les coulisseaux suivant les besoins. Souvent aussi, le réglage se fait avec des vis de rappel. M. Claparède, et MM. Cail et Cie, sont presque les seuls qui aient construit les coulisseaux en bronze. Mais nous avons remarqué plusieurs machines à double glissière, dont la tête de piston et les coulisseaux étaient en fonte d'une seule pièce, (Flaud et Cohendet. Olry et Grandemange), cette disposition présente un aspect lourd qu'elle ne rachète suivant nous, par aucun avantage. Dans les machines Artige, où toutes les pièces sont faites au tour, la tête de piston est cylindrique et se meut dans une glissière en forme de tube; pour rattraper l'usure, la glissière supérieure est à double semelle avec cales en bronze, rapportées et fixées par des vis. Même disposition dans la petite machine Fenby.

3° **Distributeurs.** — Comme à toutes les Expositions, les formes de distributeurs étaient très-variées. Les tiroirs ordinaires sont toujours en usage et les deux tiers des machines en étaient munis, la forme et la disposition seules variaient.

Viennent ensuite les soupapes à double siège diversement installées, soupapes Corliss et soupapes à piston. Quant au tiroir unique, on peut dire qu'il a à peu près complétement disparu, tandis que nous voyons les systèmes Meyer, Farcot et Rider à plusieurs tiroirs très-bien représentés.

Il y a plusieurs machines (Powell, Galloway), à double tiroir, dans lesquelles le tiroir de détente a la forme d'un chien de fusil, et se ferme brusquement par un mouvement plus ou moins analogue à celui du système Corliss. Il faut encore citer l'emploi de quatre petits tiroirs indépendants, deux pour l'admission et deux pour l'échappement. Dans la machine de M. Artige, ces tiroirs sont placés transversalement et aux deux extrémités du cylindre, les tiroirs d'admission inclinés ver le bas, et les tiroirs d'échappement tournés vers le haut. Dans la machine de MM. Lecointe et Villette une des machines Cail, Halot et Cie, les distributeurs sont placés à peu près comme les soupapes de machines Sulzer, transversalement au cylindre, et sur un plan horizontal ou oblique. Dans la machine Zimmermann, les tiroirs d'admission occupent la place ordinaire sur le côté du cylindre, tandis que les tiroirs d'échappement sont placés dans le sens transversal et sous le cylindre. Une des machines de MM. Bourdier frères et celle de MM. Olry et Grandemange, présentent une autre disposition. Cette fois le tiroir de détente glisse transversalement sur le grand tiroir.

Plusieurs machines Woolf, celle de MM. Boudier notamment, ainsi que la machine Compound de M. Hermann Lachapelle, n'ont qu'un seul tiroir pour les deux cylindres. Le tiroir d'admission dans cette dernière, est placé à l'extérieur du cylindre à basse pression, et suffisamment bas pour servir de purgeur, la détente s'opère à l'aide de coulisseaux à deux lumières suivant le principe Farcot. Dans la machine horizontale Boudier, le tiroir est placé entre les cylindres à la partie supérieure. Une seule machine horizontale, celle de M. Fourlinnie, a conservé ses tiroirs en dessus des cylindres. Cette dispostion assez commune autrefois est aujourd'hui tout-à-fait abandonnée. Dans quelques machines, le tiroir plat pour l'admission, se combine avec d'autres

dispositions auxiliaires. Nous citerons par exemple, la machine à balancier de MM. Windsor et fils de Rouen, où l'admission est réglée par des tiroirs plats, et la détente par une soupape oscillante. Dans la machine Walschaert l'échappement est réglé par un tiroir sous le cylindre, tandis que l'admission a lieu par des soupapes à double siège type Sulzer. Cette disposition se rencontre également dans la machine de MM. Socin et Wick.

Nous passons maintenant aux soupapes à double siège des machines Corliss et Sulzer. Les quatre distributeurs se trouvent généralement placés symétriquement, par rapport à l'axe du cylindre, les soupapes d'admission en dessus, celles d'échappement en dessous, également distantes l'une de l'autre. Toutefois dans la machine Escher et Wyss, les quatre soupapes sont placées, sous le cylindre, accouplées deux à deux (admission et échappement) à chaque extrémité. Elles sont au contraire situées sur le côté, dans certaines machines d'extraction.

Les distributeurs Corliss sont le plus ordinairement disposés en dessus et en dessous du cylindre. Cependant dans la machine Farcot à deux cylindres, ils sont placés sur les couvercles, dans le but de réduire autant que possible les lumières. La machine Wheelock a ses quatre soupapes type Corliss, disposées sous le cylindre, une des soupapes fonctionne à chacune de ses extrémités à la fois pour l'admission et pour l'échappement, les deux autres comme tiroirs de détente.

Une seule machine, celle de MM. Claparède et C[ie], du système Compound avait les soupapes à pistons placées sur les couvercles. C'est cette même disposition qu'a choisie M. Damey pour ses petites machines. Nous retrouverons plus loin, ces différents systèmes que nous ne faisons que signaler ici, lorsque nous décrirons plus en détail, les nombreux types de machines exposées.

Il n'est peut être pas inutile, après avoir examiné les différents genres de distributeurs, de les comparer entre eux au point de vue des avantages que peut procurer l'emploi de l'un ou l'autre système.

On peut reprocher aux tiroirs plats, le travail de frottement considérable qu'absorbe leur mouvement, sous l'influence de la pression de la vapeur, surtout lorsqu'ils ont une grande surface et une course un peu longue; d'autre part, la distribution Corliss se prête merveilleusement à l'application des soupapes et des secteurs circulaires, qui occupent moins de place et se logent facilement aux extrémités ou sur tout autre point des cylindres. Mais l'entretien et le réglage de ces soupapes est très-délicat. la réparation exige des soins spéciaux que ne peut donner un ouvrier ordinaire avec l'outillage restreint qu'il possède à l'usine. Il faut démonter le cylindre et l'emporter, à moins que les boisseaux des robinets puissent s'enlever du corps du cylindre. Le tiroir plat se rôde lui-même sur la glace, il est facile à régler, à retoucher. Un mécanicien quelconque, tant soit peu intelligent, peut redresser aisément la glace, lorsqu'elle vient à gripper ou à s'user inégalement, il lui faut pour cela, un temps relativement court. L'usage des tiroirs plats nous semble donc, pour ces divers motifs, préférable à celui des distributeurs circulaires, et nous croyons qu'ils ne seront pas encore de sitôt abandonnés des constructeurs.

4° Organes de distribution. — Sauf quelques machines d'une destination spéciale, comme la machine Reversing de Seraing, et les machines de petites dimensions, toutes les autres avaient la détente variable automatiquement par le régulateur. Encore les plus petites avaient-elles un mouvement de distribution disposé pour faire varier la détente à la main sans arrêt du moteur.

Les dispositions servant à régler la détente automatiquement au moyen du régulateur peuvent se diviser en deux classes, celles où le régulateur n'a qu'à

déterminer la position des cames, taquets ou buttoirs et n'a dès lors, aucun effort sensible à vaincre, et celles où il a le plus ou moins directement à actionner un on plusieurs tiroirs et soupapes, et par conséquent à vaincre une résistance considérable.

Nous pouvons ranger dans la première série les machines Corliss, Legavrian, Lecouteux et Garnier, Corbran et Lemarchand, la machine Cail et Cie, la machine Wheelock, la machine Corliss Farcot, celle du même constructeur avec tiroirs de détente à came, les machines de MM. Buffaud, Boyer, Bréval, de la Cie Fives-Lille, la machine Compound de M. Hermann Lachapelle.

Dans la distribution Sulzer, les soupapes sont commandées par un petit excentrique monté sur un arbre parallèle à l'axe de la machine. Ce système était représenté sous sa forme ancienne par MM. Satre et Averly et par M. Quillacq.

Dans la machine Compound de MM. Escher et Wyss, les soupapes au nombre de quatre pour chaque cylindre, sont manœuvrées par un arbre placé en dessous et sur lequel son montés des excentriques et des cames, les premiers commandant les deux soupapes d'admission du cylindre à haute pression, sous la domination du régulateur, et les cames actionnant les six autres soupapes.

Dans la machine Colmann, il n'y a pas de mouvement de déclanchement ; le régulateur agit sur les soupapes par un système de leviers convenablement disposés. La pression d'un ressort suffit à ramener les soupapes sur leur siège, et c'est l'action combinée de l'excentrique et du régulateur qui règle la vitesse de l'opération.

Dans la machine de MM. Lecointe et Villette, les soupapes sont disposées comme celles de la machine Sulzer, mais l'arbre horizontal n'existe pas, et la manœuvre s'effectue par un excentrique ordinaire, tandis que le déclanchement des soupapes d'admission s'opère au moyen d'un appareil très-simple du système Zimmermann. L'excentrique règle la vitesse de fonctionnement des soupapes d'échappement dont la fermeture a lieu sous la pression d'un ressort spécial.

Certains constructeurs ont adopté les soupapes à double siège pour l'admission, et les tiroirs pour l'échappement. MM. Socin et Wick de Bâle, sont de ce nombre. Dans leur machine, les distributeurs sont tous manœuvrés par excentrique, les soupapes d'admission seules sont déclanchées par le régulateur, et retombent sur leurs sièges par suite de la détente de l'air qu'elles ont comprimé dans une chambre spéciale pour le soulèvement.

Dans la machine Walschaert, la marche du tiroir d'échappement est réglée par des cames placées snr la tête de piston. Le déclanchement des soupapes d'admission ne diffère pas sensiblement de l'ancienne disposition Sulzer.

Comme machines à tiroirs ordinaires, nous citerons celle de MM. Galloway. Les tiroirs placés aux deux extrémités du cylindre à haute pression, sont commandés par des tiges distinctes calées sur les manivelles d'un arbre oscillant. Le déclanchement est soumis à l'action du régulateur, et les tiroirs se ferment par l'action de la vapeur sur les tiges renflées sur une partie de leur longueur. Quand à l'admission dans le cylindre à basse-pression, elle est également réglée au moyen de deux tiroirs mus par un simple excentrique.

Dans la machine Zimmermann à quatre tiroirs, les deux tiroirs d'admission se meuvent sur des tables verticales, dans des boîtes indépendantes placées sur le côté du cylindre. Ils sont montés sur une tige unique que commande l'excentrique calé sur l'arbre moteur. Le système de déclanchement par le régulateur se trouve placé entre les deux boîtes à vapeur. Au moment du déclanchement, la pression de vapeur exercée sur les tiges fait avancer brusquement les tiroirs d'une façon identique à celle de la machine Galloway. Les

tiroirs d'échappement sont actionnés par des cames montées sur l'arbre horizontal soumis à l'action du régulateur.

Dans la machine Skoda de Pilsen, les tiroirs sont disposés à peu près comme la distribution Meyer, et soumis à l'action automatique du régulateur. Le tiroir de détente aussitôt déclanché se ferme par l'action de la vapeur sur un petit piston dont la tige est munie à chaque extrémité de tampons à air.

Dans la machine horizontale de MM. Boudier frères, il y a un seul tiroir d'admission placé entre les cylindres à leur partie supérieure, la détente s'effectue dans le cylindre à haute pression, par un tiroir marchant en sens inverse de l'autre, s'ouvrant par l'action d'une came placée sur l'axe du régulateur et se fermant sous l'action d'un ressort.

La machine Cail, Halot et Cie a ses quatre tiroirs placés transversalement au cylindre, inclinés et en dessus pour l'admission, horizontaux en dessous pour l'échappement. Ceux-ci reçoivent leur mouvement par l'intermédiaire de leviers montés sur un arbre horizontal, les tiroirs d'admission sont ouverts par des cames, fermés par des ressorts et déclanchés par le régulateur.

On retrouve exactement les soupapes Sulzer dans la machine Crespin et Marteau , mais elles sont ici mises en jeu par une disposition de cames montées sur une tringle horizontale qui elle-même reçoit de la même façon son mouvement de l'arbre moteur. Même mouvement de déclanchement par le régulateur.

Les machines à balancier avaient aussi leur détente variable automatiquement par le régulateur. La distribution Correy dont nous donnons plus loin la description, est un des systèmes le plus facilement applicable à ce type de moteurs. C'est celui qu'ont employé MM. Powell, dans leur belle machine de 100 chevaux. La distribution de la machine de MM. Boudier frères, a beaucoup d'analogie avec la précédente.

Dans la machine Windsor, le régulateur agit sur une came que règle le mouvement d'un tiroir de détente circulaire.

La distribution de M. Ch. Brown, présente un agencement tout spécial; l'ouverture des soupapes d'admission s'opère par un système de leviers ayant son point fixe sur l'axe de la bielle motrice, tandis que les soupapes d'échappement sont manœuvrées par des leviers que commande un excentrique ordinaire, les soupapes admission et émission se referment sous l'action d'un simple ressort.

Parmi les machines à distribution automatique avec déclanchement par came des soupapes d'admission, nous citerons encore la machine Artige, celles de Claparède, d'Olry et Grandemange, la machine Fourlinnie.

Le régulateur peut aussi régler la détente en faisant varier directement la course de la soupape d'admission. Cette disposition se trouvait appliquée sur les machines. M. Duvergier de Lyon, et de MM. Marshall de Gainsborough. Les régulateurs puissants de Hartnell et d'Allen, conviennent parfaitement ici.

Un assez grand nombre de petites machines fonctionnaient avec la détente Meyer, (machines Shanks et Son, Scholtze, Van Gœthen). Il nous reste ici à mentionner divers systèmes de distribution déjà connus, mais dont l'application se trouvait restreinte à quelques-unes seulement; distribution automatique Rider, appliquée à la petite machine Hayward Tyler, et aux machines Rider, la distribution Hartnell Guthrie, adoptée par MM. Allen Ransome et Cie. Ce régulateur influence directement le tiroir de détente. L'usine de Gilly en Belgique avait exposé une machine pourvue de la distribution Robert, dont la construction et le mode d'action est tout différent.

Nous retrouverons plus loin ces divers systèmes, qui tous représentent certains avantages, suivant les conditions dans lesquelles les machines sont construites et le genre de travail auquel elles sont destinées.

5° **Régulateurs de vitesse.** — Le pendule modérateur ou régulateur de vitesse sert à régler automatiquement l'introduction de la vapeur et la détente dans les cylindres. Les pendules de Watt à boules tournantes sont toujours en majorité. Sur cent machines, en ne comptant que les plus importantes, vingt-cinq environ possédaient le régulateur de Watt, une quinzaine, le régulateur Farcot à bras croisés, vingt à peu près, le régulateur Porter, une demi-douzaine le régulateur de Buss. Trois machines américaines étaient munies de régulateur Pickering et deux autres du régulateur Proell.

On rencontre le modérateur de Watt sur toutes les machines françaises du type Corliss pur. Trois ou quatre constructeurs avaient adopté le même régulateur, chargé comme celui de Porter, d'un poids mobile sur l'axe. Plusieurs autres l'emploient chargé d'un poids agissant à l'extrémité d'un levier relié près de son point fixe au manchon mobile. Tel est le régulateur de la machine Cail, des machines Cail, Halot et Cie.

Les machines Farcot sont naturellement munies du régulateur qui porte le nom de cet éminent constructeur, le système à bras croisés avec contre-poids mobile sur l'axe au-dessous du manchon.

Dans le régulateur de la machine Galloway, le contre-poids a la forme d'un disque et repose sur les boules cylindriques montées sur pivot, de manière à se déplacer sous ce disque, avec un frottement aussi faible que possible. Quelquefois le contre-poids est simplement placé sous le manchon comme dans le régulateur Porter.

MM. Chaligny et Guyot-Sionnest chargent leur régulateur avec un ressort à spirale, monté sur l'axe et fixé à sa partie supérieure par un collier au-dessous du manchon. C'est encore le régulateur à bras croisés qu'ont adopté MM. Marshall de Gainsborough.

Parmi les constructeurs qui ont employé le régulateur Porter, nous citerons MM. Quillacq et Cie, Lecointe et Villette, Weyher et Richemond, Windsor et fils, la Cie Fives-Lille, MM. Sulzer frères, Escher, Wyss et Cie. La Société de constructions Suisse, M. Skoda de Pilsen, MM. Hayward, Tyler et Cie, MM. Ruston et Proctor.

Deux machines, celles de MM. Crespin et Marteau et de M. Scholtze de Russie, étaient munies du régulateur isochrone Proell.

Le régulateur Pickering installé sur les machines américaines, consiste en un axe soit horizontal, soit vertical, pouvant tourner sur lui-même et muni de deux anneaux, l'un fixe et l'autre mobile. Ces anneaux sont reliés ensemble par trois ou quatre ressorts en acier plat, en forme d'arc, au centre desquels est attaché un contre-poids. Ces ressorts sont calculés de manière à faire équilibre à la force centrifuge que développent les boules. Le régulateur fonctionne à grande vitesse, la force centrifuge des boules qui tend à vaincre la résistance des ressorts fait monter l'anneau mobile sur l'axe.

M. Cazaubon emploie un régulateur se rapprochant du système Porter, mais dans lequel le poids mobile est remplacé par un ressort qui agit sur un collier analogue à celui de M. Chaligny. Dans la machine Wheelock, le ressort est placé horizontalement entre les deux bras qui portent les boules.

Nous citerons enfin le régulateur Hartnell, sur la plus grande des machines Marshall, le régulateur Broown, qni ressemble beaucoup au précédent, et enfin les régulateurs Baxter et Tangye.

Quelques mots maintenant sur chacun des principaux systèmes de régulateurs que nous venons de mentionner.

Le régulateur conique de Watt, n'agit pas sur la distribution d'une façon parfaitement régulière, tant à cause de l'inertie des boules qui s'oppose à l'élévation lorsqu'il y a accélération de vitesse, et qui fait descendre l'appareil

presque instantanément, lorsque la vitesse diminue, que par la variation du moment du poids des boules qui augmente avec la hauteur, et qui diminue lorsque les boules s'abaissent. Il sert à modérer les variations de la vitesse, en ouvrant de plus en plus la valve, à mesure que le mouvement se ralentit, ou en la fermant de plus en plus à mesure que le mouvement s'accélère ; il imite les écarts maxima de la vitesse par la fermeture complète ou par l'ouverture en grand de la valve, mais n'a aucune tendance à ramener la vitesse à une valeur constante.

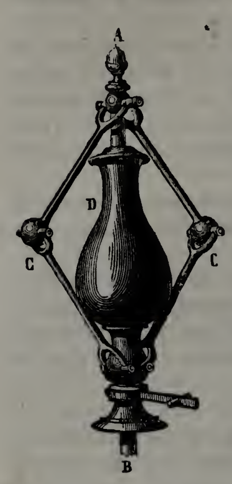


Fig. 2. — Régulateur Porter.

On a cherché de différentes manières à remédier aux effets dus à l'inertie des boules et à la variation du moment de leur action. A cet effet, on équilibre souvent le poids des boules, au moyen d'un levier portant un contre-poids. Mais cela ne suffit pas pour maintenir constante la vitesse du régime, et ne fait qu'empêcher cette vitesse de dépasser certaines limites. Il s'agissait de trouver le moyen de supprimer l'oscillation perpétuelle des boules, et de réaliser l'ouverture fixe de vapeur correspondant à une puissance rigoureusement égale à la résistance; il faut que pour une même vitesse de régime, les boules soient en équilibre, quel que soit le point de leur courbe décrite, où on les supposera placées. C'est cette solution que M. Farcot a réalisée par son pendule parabolique à bras croisés, dont toutes les parties sont statiquement en équilibre autour des centres d'oscillation et dans lequel l'action de la pesanteur est remplacée par celle d'un ressort. Les boules parcourent des arcs de cercle qui ne diffèrent pas sensiblement d'une courbe parabolique. Ainsi se trouve résolue d'une façon très-pratique le problème de l'isochronisme. Ce régulateur est indifférent à l'action de la pesanteur, parce que le poids des boules et du prolongement supérieur des bras est équilibré par le poids des bras des bielles et du manchon d'entraînement. MM. Smith et Jackson ont également construit des régulateurs paraboliques, autrement disposés, mais dont il n'y avait, croyons-nous, aucune application à l'Exposition.

Les Anglais et les Américains ont simplifié le régulateur de Watt, et lui ont donné une grande vitesse, ce qui est favorable à la sensibilité de l'appareil. Tel est le régulateur Porter dont les boules sont relativement petites; l'équilibre est établi dans ce cas au moyen d'un poids en forme de bouteille creuse, afin d'avoir un volume plus grand monté sur l'axe du régulateur et qui s'élève ou s'abaisse en entraînant le manchon avec lui.

Le régulateur Pickering, dont nous avons parlé plus haut est construit encore sur le même principe, mais ici l'action du contre-poids est remplacé par les lames de ressort.

Le régulateur Cosinus de M. Buss, dont plusieurs machines étaient munies est basé sur une théorie qui démontre que pour une vitesse angulaire déterminée, le mouvement de la force centrique est proportionnel au cosinus de l'angle que fait la tige du pendule avec l'axe de rotation. Il consiste en un arbre central auquel est relié le pendule cosinus composé de deux éléments semblables, soit un levier coudé d'équerre fondu avec une longue douille traversée par un axe en acier qui est supporté par deux oreilles venues de fonte avec le manchon. Chaque levier coudé porte sur son bras le plus long une sphère ou boule du régulateur, et le bras le plus court est fondu avec une masse demi-sphérique surmontée d'un galet de friction. Les galets les deux leviers reposent sur une barrette qui termine l'axe central. Le pendule est renfermé dans un manchon

sphérique en deux pièces, muni à la base d'une gorge circulaire qu'entoure un anneau, auquel sont suspendues les tiges reliées à l'organe régulateur. Lorsque l'arbre du régulateur tourne, les leviers à boules oscillent sur leurs axes et tendent à s'écarter, mais la pesanteur du manchon jointe à celle des poids faisant corps avec les petits leviers fait appuyer les galets sur la barrette, et les deux axes des leviers sont obligés de monter avec le manchon, tandis que les axes des galets se déplacent horizontalement. Par suite de ce déplacement longitudinal du galet, la position de son axe excentrique change, et par suite aussi, l'angle que fait la tige du pendule avec l'axe de rotation.

Les régulateurs de Watt et de Porter possèdent une très-faible énergie pour les petits écarts d'amplitude et pour les grands écarts ils sont peu mobiles; pour les écarts dans lesquels on les limite, la mobilité et l'énergie varient d'une façon considérable. Le régulateur Cosinus (fig. 3) permet au contraire d'adopter pour l'angle d'écart 40° jusqu'à 60°, ce qui correspond à une très-grande course du manchon, de maintenir la mobilité et l'énergie à peu près constante dans toute l'amplitude parce que tout le poids se trouve sur un bras de levier horizontal dans la position moyenne du manchon, de faire contribuer à la valeur de l'énergie, en dehors de l'arbre, toutes les pièces dont se compose le régulateur.

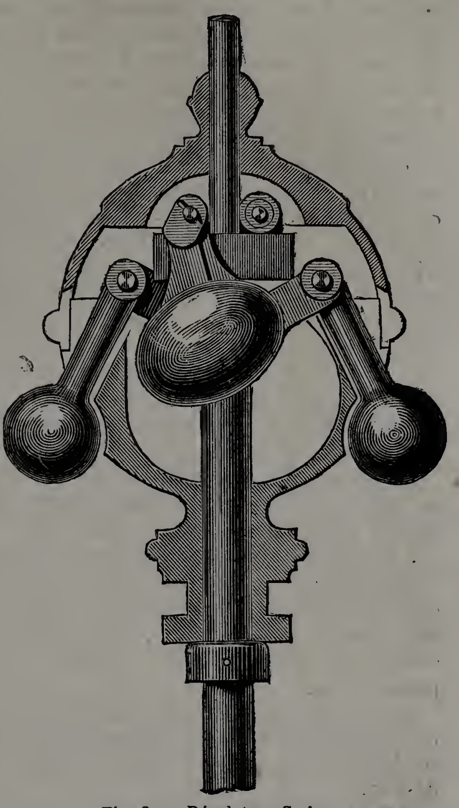


Fig. 3. — Régulateur Cosinus.

Machines Corliss. *Legavrian et fils, de Lille* (pl. I, fig. 1, 2 et 3). — C'est à MM. Legavrian, de Lille, qu'on doit l'introduction en France vers 1869 des machines du type Corliss et c'est ce type qu'ils construisent encore aujourd'hui dans toute sa pureté suivant leur convention avec le célèbre inventeur américain. La machine de 150 chevaux qu'ils ont exposée était une des plus belles et des plus puissantes de la section française. Elle actionnait l'une des transmissions de la classe 54.

Le bâti présente la forme ordinaire à T avec glissière cylindrique ouverte sur un des côtés. Le cylindre avec enveloppe de vapeur a $0^m,767$ de diamètre et 1,370 de course. La vapeur arrive dans le cylindre en passant dans un robinet de mise en marche placé à sa partie supérieure. Le mouvement de distribution permet une admission très-rapide des soupapes dont la fermeture automatique et instantanée se fait directement par l'action du régulateur sur une palette de déclic.

La détente varie du centième au cinquième de la course avec un écartement des boules proportionnellement faible sans changement de vitesse appréciable et la charge de la machine peut ainsi varier dans une mesure assez large.

On a donné aux soupapes d'admission et d'échappement la forme cylindrique, les premières sont situées à la partie supérieure du cylindre, les secondes à sa partie inférieure.

L'excentrique calé sur l'arbre moteur donne un mouvement circulaire alternatif à la manivelle M dont l'axe porte une plaque à quatre tourillons animée par conséquent du même mouvement. Deux de ces tourillons commandent les bielles des soupapes d'échappement ; les deux autres portent les petites bielles se reliant à deux porte-ressorts R qui oscillent sur un axe placé à leur partie inférieure. Dans le haut se trouvent les palettes de déclic pouvant osciller sur leur axe. Un ressort plat fixé à l'intérieur des porte-ressorts commande par l'intermédiaire de petites bielles les coulisseaux qui entraînent les bielles des soupapes d'admission à l'aide d'un piston mobile dans un cylindre à air. La plaque à tourillons entraîne également dans son mouvement circulaire alternatif les deux porte-ressorts et les palettes de déclic qui agissent à leur tour sur le coulisseau et la bielle de commande de la soupape d'admission. Lorsque le piston est arrivé à un certain point de sa course la palette rencontre dans son mouvement une sorte de taquet placé sous l'action du régulateur, et qui la force à s'incliner et à s'échapper de la touche dont le coulisseau est muni. Ce dernier sollicité par le ressort auquel il est relié au moyen de deux bielles revient vivement en arrière, en entraînant la bielle qui ferme instantanément le distributeur. L'admission a lieu lorsqu'à la fin de la course du piston la palette vient pousser le coulisseau pour faire ouvrir la soupape d'introduction. Le taquet qui détermine le déclanchement de la palette est monté à l'extrémité d'un levier oscillant soumis à l'action du régulateur. La fig. 2 représente la coupe des soupapes d'admission A et la fig. 3 celle des soupapes d'échappement E.

Lorsque les boules de ce dernier s'écartent, la tige monte, entraîne avec elle le levier oscillant qui s'incline du côté du taquet, dont la rencontre avec la palette se produit plus tôt, et diminue par suite la durée de l'admission.

Le régulateur est un régulateur ordinaire à boules commandé par courroie.

La vapeur en sortant du cylindre passe dans le condenseur. La pompe à air qui enlève l'eau de condensation est actionnée par un balancier auquel la manivelle motrice communique le mouvement à l'aide d'une bielle spéciale, et qui commande en même temps la pompe alimentaire fixée contre les parois de la pompe à air.

Toutes les pièces en mouvement sont en acier doux. D'après les expériences nombreuses dont ces machines ont été l'objet, la consommation ne serait pas supérieure à $0^{k},900$ par cheval et par heure. La construction ne laissait rien à désirer.

MM. Lecouteux et Garnier partagent avec MM. Legavrian le droit de construire en France les machines du système Corliss pur. Leur machine horizontale de 100 chevaux installée dans la grande galerie du Champ-de-Mars actionnait l'une des transmissions de la classe 54.

Deux machines jumelles de 300 chevaux également du type Corliss, actionnaient deux pompes horizontales installées sur le quai de Billy pour le service hydraulique de l'Exposition.

La disposition de ces machines étant absolument identique à celle de la machine Legavrian, puisqu'elles ont été construites sur les mêmes plans, nous n'avons qu'à répéter ici ce que nous avons dit plus haut.

Voici les dimensions des machines du quai de Billy :

Diamètre du cylindre à vapeur	$0^{m},660$
Course — —	$1^{m},310$
Diamètre du piston plongeur des pompes.	$0^{m},380$
Course —	$1^{m},310$

Les cylindres hydrauliques étaient placés dans le prolongement des pistons à vapeur, et marchaient à la vitesse moyenne de 25 tours par minute. Nous ferons remarquer en passant que la disposition des pompes rappelait exactement celle que la maison Farcot a adoptée depuis de longues années et qu'elle exécute encore actuellement pour les élévations d'eaux de la ville de Paris.

MM. Corbran et Lemarchand, Seine-Inférieure, tiennent également de MM. Legravrian la concession des machines Corliss pur pour l'Ouest de la France. Ils ont exposé deux machines jumelles d'une force collective nominale de 120 chevaux. Ces machines n'étaient pas en mouvement. Nous n'avons qu'à renvoyer encore à la description de la machine de Lille.

Farcot, à Saint-Ouen (pl. I, fig. 4 et 5). — Machines horizontales conjuguées à condensation type Farcot, genre Corliss, d'une puissance nominale de 350 chevaux chacune (ensemble 700 chevaux). Elles étaient couplées sur le même arbre de volant et munies de régulateurs à bras croisés également couplés suivant une disposition récemment brevetée par le constructeur.

Le volant commun était denté et pouvait actionner la transmission souterraine. Ces machines n'ont fonctionné que pendant quelques jours. Elles sont aujourd'hui la propriété de la ville de Paris qui les avait commandées sur le type de celles qui ont été installées à l'usine hydraulique municipale de Saint-Maur.

Ce type de machine a été combiné en vue d'obtenir une consommation de combustible aussi réduite que possible en même temps qu'une dépense de première installation relativement faible. La consommation de *houille brute* par cheval et par heure *en eau montée* est descendue dès la mise en marche au chiffre de $0^k,900$ à $0^k,950$ ce qui correspond à $0^k,800$ environ par cheval disponible sur l'arbre du volant, et à environ $0^k,700$ par cheval indiqué dans le cylindre. Évaluée *en vapeur*, la consommation est réduite à environ $5^k,5$ par cheval indiqué.

Ces chiffres sont le résultat de constatations journalières, d'expériences faites par MM. les ingénieurs de la ville de Paris dans les conditions ordinaires de marche avec du charbon brut, c'est-à-dire sans déduction de cendres, d'escarbilles ou de scories. Les résultats ont été supérieurs à ceux de tout autre type connu.

Le constructeur en étudiant cette machine d'après les conditions posées par les ingénieurs du service municipal devait créer, avons-nous dit, un ensemble aussi économique d'installation que d'entretien, et d'une consommation de combustible aussi faible que possible. Il a résolu le problème d'une façon tout à fait remarquable : en effet la vitesse normale est de 30 tours par minute, la vitesse des pistons plongeurs $1^m,800$ par seconde, le volume d'eau élevé par seconde 170 à 180 litres, la pression de refoulement de 8 à 10 atmosphères. Jusqu'à présent les meilleures machines élévatoires n'avaient qu'une marche lente, une faible vitesse de piston. La solution était donc des plus hardies.

Ce type est un moteur à quatre distributeurs de vapeur genre Corliss complétement modifié par les importants perfectionnements qu'on lui a fait subir Ces perfectionnements en ont fait un type réellement nouveau dont les avantages sont les suivants :

1° Suppression presque radicale des espèces nuisibles par la disposition spéciale des tiroirs d'admission et d'échappement dans le fond et le couvercle du cylindre. La disposition est telle que le secteur d'échappement pénètre dans le cylindre pendant sa période d'ouverture, et s'efface devant le piston quand celui-ci revient. Il ne reste entre le piston au bout de sa course et le fond que le jeu strictement nécessaire pour parer au jeu éventuel des assemblages des pièces en mouvement. L'espace nuisible total est ordinairement dans les machines

Corliss égal à 3 % ou $^1/_{32}$ du volume du cylindre, il se trouve réduit ici à moins de 1 %, soit à $^1/_{120}$, d'où une économie sur la consommation de vapeur équivalente en moyenne à 6 % et pouvant s'élever jusqu'à 8 %.

2° Constitution d'une enveloppe de vapeur efficace et puissante remplie à haute température de la vapeur même de travail sans que le parcours de la vapeur soit moins direct que dans les machines Corliss.

On sait que l'importance de l'économie due à une enveloppe réellement efficace a été démontrée par les expériences spéciales de divers ingénieurs, notamment de M. Hallauer, de Mulhouse. On l'a évaluée à 20 % au moins. L'adoption d'une enveloppe permet de faire fonctionner la machine à grande détente. Dans la machine Farcot une pompe de purge spéciale entretient l'enveloppe constamment sèche et en retire toute l'eau et la vapeur humide qui peuvent s'y trouver, pour les refouler avec utilisation complète de la chaleur dans la chaudière par le tuyau même d'alimentation. L'enveloppe à large section entoure entièrement le cylindre, le fond et le couvercle et son mode spécial d'assemblage la met à l'abri de toute rupture par dilatations trop brusques ou inégales. Il existe à la fois un joint annulaire intérieur entre la collerette de l'enveloppe et un joint annulaire intérieur concentrique au premier entre le cylindre et un rebord du même fond. Ce double joint a besoin d'être très-bien fait.

Les ressorts métalliques employés par M. Corliss sont remplacés par des ressorts-vapeur facilement réglables, assurant la fermeture rapide des tiroirs tout en supprimant les chances de ruptures qui peuvent se produire avec les ressorts métalliques bien tendus. Une disposition spéciale permet de régler avec précision la tension de la vapeur dans le cylindre ressort-vapeur, de manière à obtenir toujours une fermeture rapide, en même temps que l'absence de chocs et d'usure inutile résultant d'une puissance excessive du ressort. Le petit robinet régulateur, employé dans ce but a de plus l'avantage, en cas de variation de pression aux chaudières, de proportionner, dans une assez grande mesure, la tension de la vapeur dans le ressort-vapeur à celle de l'enveloppe, et par conséquent à la résistance des tiroirs.

Le dessous du ressort-vapeur fonctionne comme amortisseur ou dash-pot, et un robinet f_1 permet de régler à volonté la sortie de l'air, et par suite la puissance de cet amortisseur. L'admission de la vapeur est variable par le régulateur depuis 0 jusqu'à $^8/_{10}$ de la course, de telle sorte que le travail effectif peut être, au besoin, poussé bien au delà des limites ordinaires, sans que l'on ait à craindre de fatiguer la machine. Le régulateur type Farcot à bras et bielles croisés est isochrone, c'est-à-dire à vitesse constante quelles que soient les variations du travail résistant ou de la pression motrice. Cet avantage considérable d'une admission facultative variable par le régulateur, jusqu'à 0,8 de la course, est obtenu, non plus avec des cames ou autres organes analogues, mais avec un seul excentrique circulaire ordinaire qui manœuvre, comme dans les types Corliss anciens, le plateau de distribution. Cette prolongation de l'admission à détente jusqu'à 0,8 est effectuée par un système tout nouveau de déclic, qui, constitué très-simplement, utilise pour le déclanchement le retour comme l'aller du tiroir.

Pour cela, on a établi sur chacune des pédales g de déclanchement, un branchement à deux pentes g_1 g_2 qui permet au doigt h, que manœuvre le régulateur, de continuer à pouvoir agir, alors même que la translation de ces pédales a changé de sens. Le branchement des pédales g à deux pentes g_1 g_2 de sens inverses, placées l'une devant l'autre dans des plans différents, constitue pour le déclanchement une pente ascendante continue, agissant simultanément avec le changement de sens du mouvement des tiroirs. Le doigt h, qui de chaque

côté remplace la came de régulation est divisé en deux touches distinctes h_1 h_2, se présentant ensemble et de front, plus ou moins haut sous l'action du régulateur, mais agissant dans des plans différents et dont l'une h_2 a la faculté de céder ou de s'incliner autour d'un axe, tandis que l'autre touche h_1 est fixe par rapport à son support. De cette façon, chacune des touches h_1 h_2 de ce doigt h est tour à tour activée ou annulée par une des branches g_1 g_2 de la pédale, pendant que l'autre touche h_2 ou h_1 est annulée à son tour ou travaille utilement au déclanchement sur l'autre branche g_2 ou g_1.

La distribution comprend en outre les organes suivants :

K, — Plateau oscillant, actionné par la barre d'excentrique et manœuvrant les tiroirs;

L, L, — Bielles d'admission agissant chacune sur son tiroir par l'intermédiaire de balanciers auxiliaires *m*, *m*, qui maintiennent constamment les barres *n*, *n*, à peu près horizontales.

P, — Ressort chargé de redresser le doigt h_2 des grandes introductions, après qu'il a fléchi devant la branche correspondante de la pédale *g*.

Q, — Manivelle à fourche calée sur l'arbre du tiroir, et portant sur un arbre spécial q_1 un grain d'acier pour l'enclanchement avec le grain d'acier de la pédale *g*. Cet axe q_1 sert en même temps à recevoir les guides n_1, n_1 de la barre. La seconde branche de la manivelle *q* est reliée par une tige f_2 au ressort-vapeur *f*.

Toutes les bielles de commande des tiroirs, ainsi que les tiges des ressorts-vapeurs et les tringles de transmission du régulateur sont munies de pas de vis permettant de régler facilement leurs longueurs suivant les besoins d'une bonne distribution.

On a reproché à ce mouvement de distribution d'être un peu trop compliqué et de fonctionner brusquement et par chocs. Aussi M. Joseph Farcot a-t-il cherché à simplifier cette partie de la machine. Les machines à quatre tiroirs qu'il construit aujourd'hui sont notablement plus simples que celles qu'il avait exposées et que nous venons de décrire.

Les bielles commandant les tiroirs d'admission les attaquent directement et sans articulations intermédiaires, la variation de détente par le régulateur peut encore se prolonger jusque vers les $^8/_{10}$ de la course du piston, mais ce résultat est obtenu plus simplement au moyen de petites cames placées sur les supports mêmes des tiges des tiroirs; la pédale de déclanchement est débarrassée de ses deux branches en forme de fourche et le doigt mobile qui agit dans la période des grandes introductions au lieu d'accomplir à chaque coup une oscillation angulaire de grande amplitude et très-apparente pour laisser passer la pédale dans son mouvement d'aller, ne commence à se mouvoir que lorsque l'introduction devient trop grande et n'accomplit même alors qu'un mouvement rectiligne à peine visible.

Enfin cette nouvelle disposition fournit naturellement et sans complication cet important résultat que si, par un accident, le régulateur s'arrête tout à fait en bas de la course, la machine au lieu de s'emporter s'arrête net.

Nous ajouterons que les ressorts-vapeur de rappel entièrement transformés par la séparation du petit cylindre et de l'amortisseur et par la diminution du diamètre de celui-ci fonctionnent avec douceur et régularité en même temps qu'avec grande énergie. La pression y est réglée à volonté par un simple robinet et l'appareil fonctionne des journées entières sans qu'on s'en occupe et sans qu'on ait à retoucher au réglage de la pression.

En dehors de la distribution nous trouvons en *r* un système de mise en train et d'arrêt tout particulier, consistant en une douille *r* à volant r_1, qui, filetée extérieurement, se visse dans un support r_2, monté sur le régula-

teur. Cette douille r est creuse et laisse passer librement et avec jeu latéral, la tige ou bielle s, par laquelle le régulateur agit sur la distribution. Pour arrêter la machine, il suffit de tourner le volant r_1, de façon à repousser l'embase s_1 de la tige s. On transporte ainsi immédiatement le régulateur en haut de sa course. L'introduction est annulée et la machine s'arrête. Pour remettre en marche, il suffit ensuite de tourner le volant en sens contraire, l'embase s_1 avance à mesure que la douille r recule, le poids des pièces de pendule poussant constamment sur la tige s, et l'on peut ainsi mettre en route en toute facilité, aussi lentement qu'on veut et à détente, tandis qu'avec les autres dispositions antérieures, dès que le déclanchement d'arrêt est lâché, la machine marche à pleine admission, le pendule étant resté en bas de course lors de l'arrêt.

Le régulateur est surchargé par un contre-poids t, et muni d'un gouverneur hydraulique u, que M. Farcot a fait breveter dès 1864, et qui est destiné à empêcher le régulateur d'obéir à des variations de vitesse trop brusques ou à d'autres causes passagères de perturbation. Il est commandé par une transmission à rotation continue consistant en une roue v à vis v_1, accélérée, commandant un petit arbre v_2, et par lui la paire de roues d'angle du pendule.

La pompe à air et le condenseur sont disposés à peu près comme dans les machines Farcot ordinaires. La pompe à air et la pompe alimentaire placée sous la précédente sont commandées par un balancier vertical qui actionne une bielle reliée à la fois aux deux pistons.

Les pompes que ces machines étaient destinées à faire mouvoir ne figuraient pas à l'Exposition. Le lecteur nous permettra cependant d'en dire quelques mots, puisqu'elles sont en quelque sorte le complément du moteur dont nous sommes heureux d'avoir pu donner une description détaillée.

La construction même des pompes est très-intéressante à étudier. Étant admises les vitesses extraordinaires que nous avons indiquées ci-dessus, la disposition la plus simple, la plus économique et la meilleure à tous points de vue était évidemment celle qui consiste à atteler directement le piston de la pompe sur le prolongement de la tige du piston à vapeur.

Un des grands avantages de cette disposition est de supprimer toute articulation entre la puissance et la résistance, et, par conséquent, de réduire considérablement les causes d'usure de la machine et d'éviter les chocs qui se produiraient inévitablement à cette grande vitesse et pour une grande hauteur de refoulement, au moindre jeu survenu dans une articulation placée entre la machine et la pompe. Deux innovations essentielles dans la forme des corps de pompe et dans celle du plongeur distinguent nettement la nouvelle pompe de toutes celles qui l'ont précédée, quelle que soit d'ailleurs leur ressemblance apparente plus ou moins grande avec elle. On sait que la vitesse accélérée de translation d'un piston dans un corps de pompe produit des chocs d'eau très-intenses lorsque le liquide aspiré ne peut plus suivre exactement le piston, et que ce phénomène se produit déjà pour une vitesse relativement très-modérée. Mais lorsque l'eau peut affluer latéralement pour remplir le vide laissé par le piston, la vitesse de cette eau peut être de beaucoup réduite, étant déterminée, non plus par celle du piston, mais uniquement par le volume engendré comparé à la surface de chacune des sections successives du corps de pompe, à travers lesquelles se transporte l'extrémité du plongeur. A cet effet le corps de pompe a été considérablement élargi par rapport au diamètre du piston; de plus, on a façonné les extrémités du plongeur en leur donnant une forme conique, allongée, curviligne, analogue à celle des extrémités d'un bateau sous-marin ou d'un poisson, et constituant ainsi, suivant chacune de ses génératrices, des plans inclinés élémentaires, dont l'ensemble présente une courbure convexe, puis concave, de forme plus ou moins parabolique. L'eau,

pour suivre le piston, n'a plus dès lors à se mouvoir que suivant des directions normales aux génératrices successives, très-inclinées par rapport à l'axe du solide de révolution plus ou moins conique qui termine ainsi le plongeur. On comprend facilement que, de cette façon, la vitesse réelle de translation de l'eau, normale aux surfaces élémentaires de la *poupe* du plongeur, sera réduite à une fraction aussi faible que l'on voudra de la vitesse de translation de ce plongeur.

Pour éviter des chocs résultant de l'ouverture et de la fermeture trop rapide ou trop lente des clapets, on peut régler à volonté et suivant les besoins la tension de leurs ressorts de fermeture, tant à l'aspiration qu'au refoulement, au moyen d'un ressort de caoutchouc en forme de tube qu'on aplatit plus ou moins en le serrant avec des écrous ; les clapets sont surmontés d'une cloche ou réservoir d'air sans préjudice de l'action du réservoir d'air principal.

Ces machines, avons-nous besoin de le dire, étaient construites avec un soin irréprochable comme tout ce qui sort de l'importante maison dont M. Joseph Farcot est aujourd'hui le seul chef.

Cail et Cie. — Machine Corliss de 60 chevaux à condensation et à détente variable par le régulateur. Cette machine (fig. 4) donnait le mouvement à l'une des transmissions de la section VI, classe 54.

Le bâti est formé en partie par la glissière de tête de piston et le palier de l'arbre moteur. Ce dernier est muni de coussinets en trois parties avec coins de rattrapage de jeu. Le cylindre avec enveloppe de vapeur repose sur un large socle, il est assemblé avec le bâti par une bride extérieure indépendante du couvercle dont le joint reste par conséquent entièrement indépendant.

Le diamètre du piston est de $0^m,500$, sa course de $1^m,000$. La machine marchant à la vitesse de 53 tours par minute fournit une force effective de 60 chevaux avec une pression de vapeur de 5 kilogr. et une admission de $^1/_8$ à pleine pression dans le cylindre.

Le système de distribution se rapproche du type Corliss, mais il en diffère par l'agencement du mécanisme distributeur, modification ingénieuse du système Ingliss. C'est une machine à quatre distributeurs cylindriques dont le mécanisme de distribution a été très-simplifié et rendu moins délicat. Afin de réduire le volume des espaces nuisibles, les constructeurs ont adopté des tiroirs circulaires indépendants placés aussi près que possible des extrémités du cylindre, et dans le but de réaliser sur le piston les effets théoriques de la vapeur, ils ont appliqué à la manœuvre des tiroirs d'admission un système particulier de leviers à ressorts et à déclic instantané qui permet de couper brusquement la vapeur au point voulu. Les sièges des obturateurs sont disposés de manière à permettre de les réaliser facilement, ce qui est pratiquement très-important.

Comme dans la machine Ingliss, la barre de l'excentrique imprime un mouvement d'oscillation sur son axe à une pièce portant les tourillons d'articulation des quatre bielles actionnant les obturateurs. Le centre de l'axe d'oscillation se trouve au milieu de la longueur du cylindre sur le côté de celui-ci. La détente variable est obtenue par l'action du régulateur agissant sur une came qui produit le déclic des obturateurs d'admission.

Ce régulateur du système Andrade permet de faire varier le nombre de tours de la machine par le simple déplacement d'un contre-poids, il est en outre pourvu d'un frein qui l'empêche de passer brusquement à des positions extrêmes. Le fonctionnement des deux obturateurs d'échappement est invariable.

La pompe à air placée dans une fosse entre le cylindre à vapeur et le palier est commandée par un balancier relié à la tête du piston à vapeur par une bielle et qui actionne en même temps une pompe alimentaire et une petite

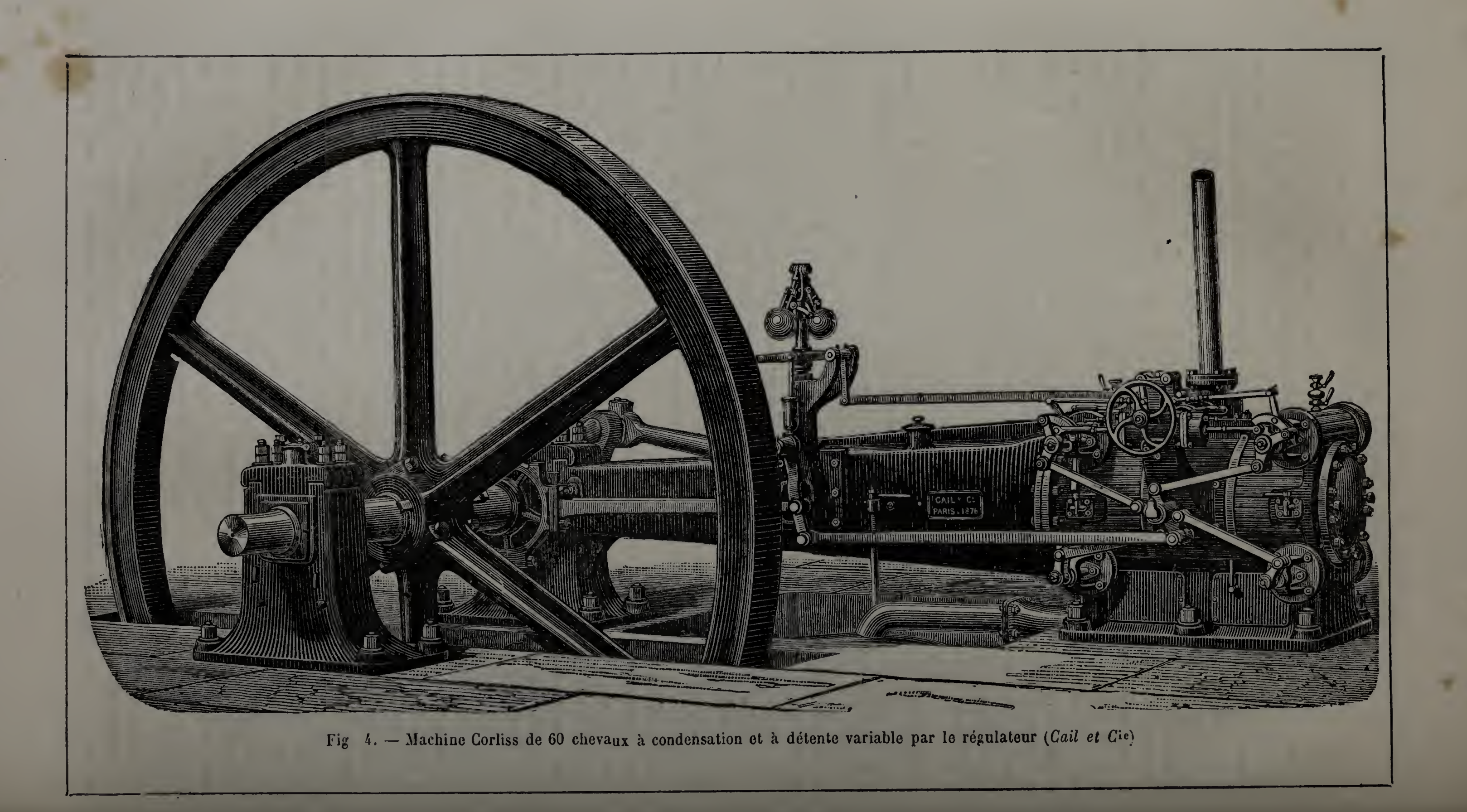


Fig 4. — Machine Corliss de 60 chevaux à condensation et à détente variable par le régulateur (*Cail et Cie*)

pompe destinée à purger l'enveloppe du cylindre de la vapeur condensée qui est renvoyée à la chaudière. Un indicateur de détente permettait de vérifier à chaque instant le degré d'introduction réelle de vapeur sur les deux faces du piston. En résumé très-bonne machine, exécution très-soignée.

Compagnie des forges et fonderies de l'Horme près de Saint-Chamond (Loire). — Machines horizontales accouplées à distributeurs du genre Corliss. Ces deux machines jumelles actionnaient deux pompes à épuisement dites à rotation. Elles sont complétement distinctes l'une de l'autre comme bâtis et comme fondations et sont reliées seulement par l'arbre moteur, portant le volant au milieu de sa longueur. Deux pignons également montés sur l'arbre engrènent chacun avec une roue de $3^m,200$ dont l'un des bras porte le maneton qui actionne par l'intermédiaire d'une bielle la pompe verticale correspondante. La bielle de commande est reliée à son extrémité inférieure à une tête de piston mobile entre deux glissières et à laquelle se trouve fixée la tige du piston de la pompe. Diamètre des pompes $0^m,370$.

C'est encore une machine à quatre soupapes, pourvue d'un ingénieux système de déclic. Les cylindres à vapeur (400 $^m/_m$ de diamètre et 800 $^m/_m$ de course) sont à enveloppe venue de fonte avec le corps même. Les conduits d'admission et d'échappement débouchent en dessous et la vapeur parcourt l'enveloppe avant d'arriver aux soupapes d'admission placées sur le dessus du cylindre, tandis que les soupapes d'échappement le sont à la partie inférieure. Un balancier ayant son point fixe vers le milieu de sa longueur s'articule à la tête de piston des pompes et porte à l'autre bout un contre-poids destiné à contrebalancer le poids du piston, de la tige et d'une partie de la colonne d'eau. Cette partie du mouvement ne figurait pas à l'Exposition.

Le cylindre, son socle d'appui, les boîtes des soupapes et les supports de l'arbre de transmission du mouvement du régulateur ne forment qu'une seule pièce. Les soupapes sont en fonte dure à double siège et situées aux deux extrémités des cylindres. Elles sont protégées par les plateaux qui les enveloppent et pénètrent très-profondément à l'intérieur des cylindres pour réduire l'espace libre à son minimum. Le plateau d'arrière est recouvert d'un couvercle additionnel destiné à prévenir le rayonnement. On a donné aux soupapes dont les tiges sont en acier une section telle que la vitesse de la vapeur ne soit pas supérieure à 35 mètres par seconde. Leur diamètre est de $0^m,124$, elles lèvent de 13 $^m/_m$ au degré normal de détente égal à 0,15 de la course. A pleine vapeur soit 0,82 de la course, la levée est de 30 $^m/_m$; diamétre des soupapes d'échappement $0^m,134$. Les quatre soupapes sont commandées par quatre excentriques montés sur un arbre parallèle aux cylindres et auquel le mouvement est communiqué par l'arbre moteur. Ces excentriques actionnent chacun un levier qui s'engage dans la tige de la soupape et en opère brusquement le soulèvement; la soupape retombe sous l'action d'un ressort soumis aux volontés du régulateur, système Buss, sous l'action duquel se trouve également l'appareil à déclic réglant la détente. Les paliers de l'arbre moteur et les glissières en forme de cylindre creux ouvert sur les côtés sont fondus avec le bâti dont l'extrémité du côté de la glissière se termine par un plateau circulaire servant de fond au cylindre. On a construit les coussinets des paliers en trois parties avec chapeau fixé par quatre boulons et serré à bloc, coins de rattrapage de jeu et vis de rappel. On peut également régler par des vis l'usure des coulisseaux rapportés sur la tête de piston.

La pompe à air se trouve placée sous le cylindre. Elle est commandée par un balancier dont le point fixe est en bas et qui prend son mouvement sur la tête de piston. Le condenseur fait suite à la pompe sous le tuyau d'échappement.

Crespin et Marteau, à Paris. — Machine horizontale à condensation à détente variable. C'est une machine à quatre soupapes équilibrées et bâti forme Corliss. Cylindre à enveloppe de vapeur reposant sur un socle. La manivelle est remplacée par un plateau dont le maneton de la bielle commande en même temps la pompe à air placée sous le plancher de la machine à égale distance du cylindre et du palier.

Elle se distingue des machines du même système par le mode de commande des soupapes mises en jeu au moyen d'une tringle ayant un mouvement absolument parallèle à celui du piston, mais présentant cette particularité qu'au lieu de se produire avec lenteur au point mort, il a en ce moment au contraire son maximum de vitesse.

Il en résulte pour la machine les avantages suivants : ouverture brusque au point mort et avec une légère avance des orifices d'introduction en grand, ouverture brusque des orifices d'échappement dans les mêmes conditions, et cela dans quelque sens que tourne la machine. Cette dernière pouvant indifféremment tourner dans les deux sens.

Ce mouvement parallèle au piston permet en outre d'obtenir une distribution variable de 0 à $^{100}/_{100}$. C'est-à-dire depuis l'introduction nulle jusqu'à l'introduction pendant toute la course.

Les soupapes d'admission sont placées sur le dessus du cylindre et celles d'échappement en-dessous. La tige de commande de la distribution reçoit son mouvement d'un excentrique à cœur calé avec la pointe du cœur à 180 degrés de la manivelle. Le collier de l'excentrique est remplacé par un cadre muni de deux galets un à l'avant, l'autre à l'arrière sur lesquels l'excentrique vient porter et qui donne ainsi le mouvement à la tige. Le calage du cœur étant à 180 degrés de la manivelle et sa forme étant symétrique, on voit que la distribution se fait exactement de la même façon quel que soit le sens suivant lequel tourne la machine. La tige actionne par l'intermédiaire d'une bielle verticale un levier monté sur un axe à l'extrémité duquel se trouve calé un autre levier commandant deux tringles avec fourreau et déclic. Ce sont ces deux tringles qui commandent à leur tour les soupapes d'admission. Les soupapes d'échappement fonctionnent d'une manière analogue. La seule différence consiste en ce que le décliquetage a lieu pour l'admission d'une façon variable au moyen de deux taquets susceptibles de s'abaisser ou de s'élever suivant que le régulateur monte ou descend.

Le régulateur, système Proëll, prend son mouvement au moyen d'une poulie et d'une courroie sur l'arbre de la machine.

Le levier qui reçoit son mouvement de la tige d'excentrique le transmet aussi à un levier placé en-dessous du bâti et commandant les deux tiges à fourreau et déclic qui produisent le mouvement d'échappement. Ce levier commande directement comme pour l'admission les deux fourreaux munis chacun d'un cliquet. Ces cliquets portent un petit buttoir en acier qui vient pousser un second buttoir correspondant, fixé sur une tringle à frottement libre dans le fourreau. Le fourreau entraîne donc, par l'intermédiaire du cliquet, la tringle qui elle-même ouvre la soupape d'échappement jusqu'à ce qu'un buttoir placé sous le bâti rencontrant la queue du cliquet le fasse lever; alors la tige glisse dans le fourreau laissant libres les soupapes qui se referment poussées qu'elles sont par des ressorts convenablement disposés. Les deux cliquets d'admission, comme ceux d'échappement étant placés en sens inverse, il s'ensuit que l'un ouvre quand l'autre ferme et réciproquement.

Wheelock, de Worcester, Massachussets. — Machine horizontale sans condensation, système Harris-Corliss. Bâti Corliss. Diamètre du cylindre 0m,432; course du piston 1m,200; nombre de tours 60; force en chevaux 150.

C'est une machine à quatre secteurs cylindriques, juxtaposés deux par deux et placés à chaque extrémité inférieure du cylindre. La distribution de la vapeur dans le cylindre se fait par un système d'obturateurs analogues à celui des machines Corliss, mais l'introduction et l'échappement ont lieu sur un même côté comme dans les machines à tiroirs. La boîte à vapeur existe sur toute la largeur du cylindre, et l'admission n'est séparée de l'échappement que par une cloison de même étendue, ce qui fait que les obturateurs donnent ou interceptent la communication avec le cylindre d'un côté et avec l'échappement de l'autre. Néanmoins la position de la valve d'admission derrière la valve d'échappement ne permet pas à la vapeur d'admission de passer en cas de fuite dans le conduit d'échappement. Le cylindre se trouve ainsi dégagé des deux côtés et sur le dessus.

Le système de déclanchement appliqué à cette machine porte le nom de *Harris-Corliss* et se rencontre aujourd'hui fréquemment en Amérique. M. Corliss l'avait imaginé dès 1858, mais peu ou point employé. M. Harris l'a repris pour son compte et l'a exécuté dans toutes les machines qu'il a construites jusqu'à ce jour. Il est représenté par la figure 4 de la planche IV. Nous en empruntons la description à l'excellent ouvrage de M. Ulhand.

Comme on le voit, les obturateurs sont commandés comme dans certaines machines Corliss par un plateau oscillant A qui reçoit son mouvement de la barre d'excentrique B, par le bouton C. Le plateau porte quatre boutons D, les deux supérieurs pour les soupapes d'admission, les deux inférieurs pour les soupapes d'échappement. Mais ce qui caractérise la disposition Harris, c'est la manœuvre du levier de commande de l'obturateur d'admission. Le levier coudé KL, est toujours calé sur l'axe du tiroir, et sur son bras L, se trouve une douille pouvant osciller de manière à servir de guidage à l'extrémité de la bielle E. En deçà de la douille, sur une partie rectangulaire de la bielle s'articule une fourchette J, qui peut tourner autour d'un axe *m*. La branche inférieure de la fourchette, qui est rectiligne, est garnie d'une touche d'acier *o*, qui forme buttoir, et qui, dans la position représentée, retient la douille; un ressort tend toujours à relever la fourchette, c'est-à-dire à maintenir dans la position de la figure. On voit que dans son mouvement d'aller, la bielle saisit le levier du tiroir par l'intermédiaire de la douille, d'où résulte au retour la rotation de ce levier. Les deux pièces du déclic sont maintenues en contact comme dans la disposition plus ancienne de Corliss par l'effet d'un poids suspendu à la tringle P.

Pour déterminer le déclanchement, une petite manivelle M, située en avant du levier coudé KL, et folle sur l'axe du tiroir, porte un ergot d'acier contre lequel vient buter la branche supérieure de la fourchette, pendant l'oscillation ascendante de la bielle. La position de cette manivelle est commandée par le régulateur, au moyen de la tringle N. En rencontrant l'ergot, la fourchette tourne, la douille et la touche *o*, se dégagent, et l'action du poids ramène le levier coudé, ce qui ferme le tiroir d'admission.

Ce qui caractérise le système Wheelock c'est, ainsi que nous l'avons déjà dit, la position des distributeurs d'admission qui se trouvent placés sous le cylindre tout à côté des distributeurs d'échappement, de manière qu'il n'existe qu'une seule lumière à chaque extrémité du cylindre.

Le système de déclanchement est également celui de M. Harris avec cette différence que la fourchette du déclic est retournée sens dessus dessous, la came qui règle la détente étant placée au-dessous de la fourchette.

Les deux figures 5 et 6, pl. IV, représentent l'installation du déclic et la disposition du distributeur de gauche.

Sur l'axe F du tiroir de sortie H est claveté un levier L_1 qui reçoit un mou-

vement d'oscillation de la bielle d'accouplement B et de la barre d'excentrique. C'est ce levier L_1 qui conduit le tiroir d'admission par une combinaison que nous allons décrire. En dehors de la ligne médiane du levier se trouve vissé un tourillon D qui sert d'axe de rotation à la fourchette du déclic N N, et à un petit guide E aplati dans le voisinage de l'axe afin de se mouvoir dans une étroite fenêtre pratiquée à la branche courbe de la fourchette N. Au delà le guide se termine par une tige cylindrique glissant à frottement doux dans un dé d'acier *o* formant douille; ce guidage maintient constamment le dé dans la direction convenable pour que le déclic fonctionne régulièremeut. Le dé porte un tourillon, mobile dans un œil du levier L représenté en pointillé sur la figure.

Le bras supérieur de la fourchette est rectiligne, et il est armé d'une touche saillante *n*, en acier, qui dans la position figurée se trouve en prise derrière l'arête du dé *o*. Le contact des deux pièces est assuré par l'effet d'un contre-poids agissant au moyen de la tige P sur un bras K, qui fait corps avec le moyeu du levier L, lequel contre-poids produit la fermeture du tiroir d'admission. Sur l'axe F du tiroir d'admission est placé un levier R, mobile autour de cet axe, et situé derrière l'équerre K L. La position de ce levier est déterminée par le régulateur, au moyen d'une tringle M, suivant le travail que la machine se trouve avoir à développer. Le moyeu du levier porte un ergot *r*, contre lequel vient buter, à chaque période de retour, la branche recourbée de la fourchette; celle-ci est alors soulevée, et la touche *n*, cessant d'être en prise avec la douille *o*, la liaison entre les leviers L et L_1 est interrompue; le contre-poids agit alors, et ferme instantanément la lumière d'admission.

Quant aux tiroirs ils présentent la plus grande analogie avec les tiroirs plans ordinaires, dits à coquille.

Le tiroir H, en particulier, fonctionne absolument comme le tiroir ordinaire des machines qui sont munies de deux distributeurs; en s'élevant, il met en communication les deux lumières *a a* afin de produire l'échappement, et, en s'abaissant, il ouvre à l'admission la lumière supérieure *a*, avec le degré d'avance convenable. Quant aux distributeurs G, ce n'est en réalité qu'un tiroir de détente, construit selon le type ordinaire des distributeurs Corliss, sauf une petite différence : sa glace présente un évidement S, qui sert à effectuer l'admission des deux côtés à la fois, ce qui permet de donner moins d'amplitude à l'oscillation du distributeur. Lorsque les leviers L et L_1 occupent les positions correspondantes b_1, et c_1, le piston se trouve environ vers le milieu de sa course, et se dirige vers l'extrémité que nous considérons. Les deux artifices *a a*, communiquent avec le creux du tiroir H, et l'échappement se fait librement. Lorsque les leviers arrivent dans les positions *b* et *c*, la lumière *a* du cylindre est sur le point de se fermer pour l'échappement, et le levier L entre en prise avec la fourchette du déclanchement. Le mouvement se continuant, le tiroir G admet la vapeur dans la boîte du tiroir H par deux ouvertures, sans étranglement sensible; ou voit que le tiroir G n'a pas d'action sur l'admission au cylindre; cette fonction appartient au tiroir H; le tiroir G n'agit sur la marche de la machine qu'en fermant l'admission pour produire la détente. Il est nécessaire que le déclanchement ait lieu avant que les leviers L et L_1 ne soient parvenus aux positions b_2 et c_2, autrement l'admission durerait jusqu'à fin de course.

Les axes des tiroirs sortent des boîtes à vapeur sans garniture en traversant tout simplement une longue douille placée dans le couvercle. Ces axes portent une embase qui fait joint vers l'extérieur, étant appuyée contre son siége en vertu de la différence des pressions qu'exerce la vapeur sur les deux faces extrêmes du tiroir, différence due à la présence de l'axe.

Le piston est fondu creux et porte sur sa circonférence des rainures étroites dans lesquelles on a placé quatre segments dont les extrémités sont profilées

de manière à se recouvrir mutuellement. Du côté de la concavité se trouve une lame de ressort fixée par des vis et faisant à peu près les deux tiers de la longueur du segment. Ce ressort, en s'appuyant sur le corps du piston, applique le segment contre la paroi du cylindre de manière à faire joint.

Le tuyau d'arrivée venant de la chaudière, débouche dans l'espace situé sous le cylindre, et dans lequel sont placés les deux tiroirs de détente. Dans le cas où une certaine quantité d'eau serait entraînée en suspension dans le courant de vapeur, elle resterait dans l'espace où jouent les tiroirs, sans risquer d'occasionner des accidents à la machine. Une seconde conduite placée en dessous sert au passage de la vapeur d'échappement. La partie inférieure du cylindre est plane et repose sur deux arcades largement assises. Les glissières venues de fonte avec le bâti ne sont pas alésées suivant une surface cylindrique concentrique à la tige, mais suivant deux surfaces cylindriques d'un rayon beaucoup plus petit. Le palier de manivelle est boulonné au bâti ; ses coussinets sont en quatre pièces. Le volant de $4^{m},880$ servait de poulie motrice.

La machine commandait les transmissions de la section américaine et d'une partie de la section suédoise-norwégienne. Cette machine intéressante à plus d'un titre nous a paru bien construite malgré le bariolage des peintures dont elle était recouverte et auxquelles nous ne sommes pas habitués : C'était la seule exposée par l'Amérique dans la grande galerie des machines étrangères.

Société anonyme de Marcinelle et Couillet, Belgique (pl. IV, fig. 3). — Machine horizontale à soupapes à détente variable brevetée, gouvernée par un régulateur barométrique du système Zimmermann. Cette machine actionnait un ventilateur système Guibal de 12 mètres de diamètre et $2^{m},50$ de largeur pour des mines de la Société des charbonnages de Sacré Madame, près Charleroi.

La forme du bâti est celle des machines Corliss. Le cylindre boulonné sur la collerette des glissières a $0^{m},622$ de diamètre et $0^{m},750$ de course. Le degré de détente peut varier de 0,2 à 0,8 de la course. L'introduction et l'échappement de la vapeur se font par quatre soupapes à double siège logées dans deux boîtes placées sur une des faces latérales du cylindre à chacune de ses extrémités (du côté de l'arbre). Un excentrique C monté sur l'arbre moteur commande un plateau oscillant D calé sur un support entre les deux boîtes à soupapes. Ce plateau porte quatre boutons sur lesquels sont articulées les bielles E E′, F F′. Les bielles E E′ actionnent les tiges G G′ des soupapes d'échappement. Les deux autres tiges commandent les soupapes à vapeur au moyen d'un mouvement à déclic.

Prenons la soupape A. La tige F actionne le levier H qui transmet son mouvement au levier I par l'arbre oscillant J sur lequel ils sont tous deux calés. Le levier I soulève la soupape à l'aide du cliquet K dont la queue vient au moment convenable en contact avec la pièce L. Le cliquet se dégage et la soupape retombe sur son siége. Si la pièce L vient porter contre la queue du cliquet K, la détente a lieu au commencement de la course, si elle s'en éloigne, la détente a lieu plus tard. Un ressort monté sur le cliquet le ramène toujours à la position convenable. Le déclic L est porté par un des bras d'un levier qui tourne librement sur l'arbre J. L'autre bras du levier est commandé par la tige verticale M, qui reçoit le mouvement nécessaire au changement de degré de détente. La tige M′ contrôle de la même façon l'action de l'autre soupape B. Les tiges M M′ sont munies à leur extrémité inférieure d'un tourillon mobile sur une plaque taillée en échelons. Suivant la position du tourillon sur la plaque, les soupapes s'ouvrent plus ou moins. Ce sont ces tiges qui reçoivent l'action du régulateur par l'intermédiaire des tringles P.

Lorsque le baromètre descend, les tiges M et M′ descendent en même temps les crans de la plaque, et les déclics L et L′ échappent du même coup les cli-

quets K et K′, la vitesse de la machine augmente. Si la pression de l'atmosphère continue à diminuer, le régulateur agit de nouveau sur les tiges M et M′, la détente diminue et la machine marche encore plus vite. Si la pression de l'air augmente, le cliquet glisse en O sur les encoches, puisque le régulateur ne peut obliger les tourillons des tiges M et M′ à remonter les crans et la vitesse de la machine ne varie pas. Si le baromètre redescend, le cliquet en Q fait marcher de nouveau la tige P et la vitesse de la machine augmente encore.

Enfin lorsque pour un changement de pression le baromètre reste stationnaire, le mécanicien peut régler à la main la détente au point qu'il juge convenable. Ajoutons que la pression de la vapeur est maintenue constante dans les boîtes à soupapes par un régulateur de pression placé dans les tuyaux de conduite de la vapeur au cylindre.

Le régulateur du système Zimmermann est basé sur le principe du baromètre ; il porte un cadran sur lequel on lit la pression atmosphérique. Il consiste en un vase communiquant avec un bain de mercure au moyen d'un tuyau M. Sur le bain flotte une tige K qui transmet le mouvement au levier extérieur agissant sur les deux tiges qui commandent la distribution. L'appareil est muni d'une sonnerie électrique qui fonctionne dès qu'il se déclare dans la mine une dépression atmosphérique de 5 millimètres de mercure.

Cail, Halot et Cie, de Bruxelles. Machine horizontale à détente variable. — La machine Cail Halot est une machine de 50 chevaux à quatre tiroirs [plats et distribution à détente variable du système de la Société des ateliers de construction de Bitchwiller-Thann. Bâti forme Corliss avec coussinet de palier moteur en trois parties. Cylindre à enveloppe de vapeur reposant sur un socle venu de fonte avec celui-ci. La garniture du piston, au lieu d'être formée de cercles métalliques faisant ressorts et espacés dans des gorges distinctes, se trouve remplacée par un ressort unique enroulé en spirale autour du corps, disposition qui nous paraît excellente.

Dans cette machine le constructeur a substitué aux soupapes équilibrées ou aux secteurs circulaires des tiroirs plats beaucoup plus simples. Nous avons dit plus haut ce que nous pensions des uns et des autres ; nous n'y reviendrons pas.

Les tiroirs d'admission ont une position inclinée à la partie supérieure du cylindre, les tiroirs d'échappement sont placés horizontalement tout à fait en dessous. Le fonctionnement de ces derniers est naturellement invariable, tandis que le régulateur agit au contraire comme d'ordinaire sur les tiroirs d'admission.

Voici maintenant en quoi consiste le système de distribution appliqué sur cette machine : Les deux tiroirs d'admission sont reliés chacun à un levier sur lequel se meut une coulisse maintenue dans sa position par une petite bielle. Celle-ci à son tour est actionnée par une manivelle reliée au régulateur qui, suivant les variations de vitesse déplace, par ses intermédiaires, la coulisse sur le levier commandant le tiroir. Le tiroir est ouvert par une came qui vient buter sur la coulisse et se referme par la pression de la vapeur. Un grand ressort plat aide à la fermeture, mais cet organe n'est pas indispensable quand la machine est bien soignée et n'est appliqué que par mesure de précaution, pour opérer la fermeture dans le cas où le tiroir serait gêné dans sa course par une presse-étoupes trop serrée ou tout autre cause. Cela posé, la coulisse se trouvant dans une position donnée est saisie par la came, entraîne le levier et ouvre le tiroir. Suivant la position de la coulisse, déterminée par le régulateur, le contact avec la came est plus ou moins prolongé, de là admission plus ou moins forte. Le régulateur à grande vitesse est du système Porter.

L'échappement par le bas se fait au moyen de deux tiroirs commandés par

des excentriques circulaires. Les tiges des réservoirs d'admission sont munies de buttoirs frappant, lors de la fermeture, sur des tampons en caoutchouc. Ce mécanisme est un peu compliqué, mais la marche en est cependant silencieuse.

Au résumé cette machine nous a paru bien étudiée et soigneusement construite.

Ateliers de constructions des chemins de fer de l'Etat de Hongrie, Buda-Pesth, Hongrie (pl. IV, fig. 3). — Machine à vapeur horizontale à condensation. Système Zimmermann et Waldmann à détente variable par le régulateur, de la force de 80 chevaux.

Cette machine se rapproche comme forme générale des anciennes machines Corliss (c'est pourquoi nous la classons à la suite des machines de ce système). Elle est pourvue de quatre distributeurs : deux pour l'introduction et deux pour l'échappement, dont la disposition a permis de réduire les espaces nuisibles autant que possible. Les distributeurs sont des tiroirs plans renfermés chacun dans une boîte à vapeur; les tiroirs d'introduction sont appliqués sur le côté du cylindre et ceux de l'échappement au-dessous de ce dernier.

Les tiroirs d'introduction reçoivent leur mouvement d'un excentrique, calé sur l'arbre du volant au moyen des deux tiges i, reliées par le cadre r de manière à ne former au point de vue du mouvement qu'une seule pièce; ces tiroirs sont rattachés aux tiges creuses h au moyen des pièces c, qui permettent aux tiroirs de porter contre les surfaces des lumières d'introduction tout en les forçant à suivre le mouvement des tiges creuses h. Celles-ci traversent les boîtes à vapeur et en sortent par des garnitures à étoupe de diamètres différents, formant ainsi des pistons annulaires qui offrent à la pression de la vapeur une surface assez grande pour vaincre le frottement des tiroirs et repousser vivement les tiges h et les tiroirs vers le régulateur, la partie la plus forte des tiges h étant disposée de ce côté. Par cette construction la vapeur sert d'organe de machine, en remplaçant tous les ressorts et les poids usités d'ordinaire dans les machines du système Corliss.

Les tiges tubulaires h sont munies aux extrémités de leurs parties les plus fortes de petits taquets en acier t et aux extrémités de petits pistons p, qui se mouvant dans des cylindres fixés sur les boîtes à vapeur, y compriment l'air et servent ainsi de tampons pour atténuer les chocs qui peuvent résulter du mouvement accéléré des tiges h, provenant de l'action de la vapeur. Les deux tiges i traversent dans toute leur longueur les tiges creuses h, de manière qu'au moment donné, ces tiges h peuvent se mouvoir indépendamment des tiges intérieures i. Le cadre r, guidé dans le prisme m et donnant passage à l'arbre vertical du régulateur, est muni par les articulations z de deux leviers k à deux branches; aux extrémités des branches horizontales sont fixés de petits taquets t', pareils à ceux des tiges h, et destinés à presser sur ces derniers. Les branches inclinées sont embrassées par un autre cadre q dont les deux entretoises sont destinées, au moment donné, à butter contre ces branches. Le cadre q, monté à glissière sur la boîte fixe s, est relié avec le manchon du régulateur par les tiges v de sorte qu'il ne peut se mouvoir que verticalement; il s'ensuit que sa position relative aux branches inclinées des leviers k est dépendante de la position de ce manchon, et par conséquent de la vitesse de la machine. Le jeu du mécanisme de l'introduction de la vapeur s'exécute donc de la manière suivante : Supposez que le piston se dirige de gauche à droite, l'excentrique calé sur l'arbre du volant fait mouvoir les tiges i et le cadre r avec ses leviers k dans le sens contraire; la branche inclinée du levier gauche étant encore hors de contact avec l'entretoise gauche du cadre q, le taquet t^1 de la branche horizontale peut venir butter sur le taquet de la tige tubulaire h correspondante; donc, celle-ci sera forcée de suivre le mouvement de la tige i, et avec elle le tiroir qui y est

relié, de manière que ce dernier, démasquant les orifices d'introduction, donne passage à la vapeur. Le cadre *r* continuant sa marche de droite à gauche fait que la branche inclinée du levier gauche arrive à butter sur l'entretoise du cadre *q*, lequel, ne pouvant se mouvoir horizontalement, cherche à retenir ladite branche, forçant ainsi l'interruption du contact des taquets *t* et t^1. A cet instant la tige tubulaire *h* et son tiroir ne sont plus contraints de suivre le mouvement de la tige *i*, la vapeur agit alors comme ressort, pour repousser brusquement le tiroir à sa position primitive, refermant les orifices d'introduction, et la détente de la vapeur se produit. La même opération est exécutée par l'autre tiroir d'introduction en raison du changement de direction du mouvement de la tige *i*, causé par l'excentrique.

Il est évident qu'au fur et à mesure que la vitesse de la machine augmente ou diminue, le régulateur traduisant les changements de vitesse, donnera toujours une position correspondante au cadre *q*, de sorte que la fermeture des orifices d'introduction, c'est-à-dire la détente de la vapeur s'effectue en raison de la vitesse de la machine, par l'action directe du régulateur.

Les tiroirs d'échappement ont leur mouvement indépendant de celui des tiroirs d'introduction au moyen d'un arbre horizontal commandé par l'arbre du volant. Cet arbre est muni de deux cames agissant chacune sur deux buttoirs, qui font partie d'un châssis auquel se rattachent les tiges des tiroirs d'échappement. La forme des cames est construite de manière à donner aux tiroirs un mouvement alternatif, produisant des périodes de repos dans les positions extrêmes et des périodes de marche accélérée, dont l'effet est encore augmenté par la construction particulière des tiroirs et des orifices d'échappement, de sorte que la sortie de la vapeur peut s'effectuer avec une très-grande rapidité. Les boîtes d'échappement de vapeur sont situées au-dessous du cylindre; avec cette disposition l'eau, résultant de la condensation de la vapeur dans le cylindre, peut sortir librement et directement par les orifices.

Le système de distribution ci-dessus décrit réunit donc les qualités suivantes: La détente de la vapeur est variable et réglée automatiquement par l'action directe du régulateur. La fermeture instantanée des orifices d'introduction de la vapeur peut s'opérer sans l'aide de ressorts ou de poids quelconques, et seulement par la pression de la vapeur, il rend possible tout degré de détente de 0 à 0,8 de la course. Absence complète de danger de destruction du cylindre par suite de l'accumulation de l'eau condensée et malgré la suppression, si l'on veut, de tout robinet purgeur. Grande simplicité du mécanisme, n'ayant que très-peu d'articulations.

Nous citerons encore parmi les machines, genre Corliss, celle de M. Larochaymond, de Tournai. C'est une machine à condensation à quatre distributeurs avec déclic commandé par un seul axe agissant sur les quatre excentriques qui actionnent les obturateurs. La machine de MM. Florio et Cie, de Palerme à quatre distributeurs, distribution système Theiss variable par le régulateur. Ces machines ne manquent pas d'intérêt et nous regrettons de n'avoir pu obtenir les renseignements qui nous auraient permis d'en donner la description.

Machines Sulzer. — Le système Sulzer était représenté, avons-nous dit, par les belles machines de MM. Satre et Averly, Quillacq, d'Anzin; Lecointe et Villette, de Saint-Quentin ; Brown, de Winterthur ; Collmann, de Vienne ; Socin et Wick, de Bâle et Walschaert, de Bruxelles. Nous avons exposé plus haut en quelques mots ce qui distinguait le type Sulzer de la machine Corliss dont il n'est en somme qu'une variété. Nous pouvons donc immédiatement entrer dans les détails de chaque machine, détails variant avec le constructeur et ne manquant en aucun cas d'un véritable intérêt.

Satre et Averly, à Lyon. — Machine horizontale à deux cylindres accouplés. Ces machines de la force de 100 chevaux actionnaient l'une des transmissions de la section II, classes 52 et 53. MM. Satre et Averly sont avec M. Quillacq, d'Anzin, les concessionnaires en France du brevet Sulzer. Nous avons dit plus haut que la différence essentielle entre le système Corliss et le système Sulzer consistait dans la manière dont les soupapes sont maintenues sur leurs sièges. Aussi la disposition générale des machines Sulzer se rapproche-t-elle considérablement de celle du type Corliss. Même bâti creux, glissière et palier moteur d'une seule pièce, le cylindre fondu avec son enveloppe de vapeur et son fond supporté par des patins reposant sur la fondation. La glissière de tête de piston est toujours cylindrique. Coussinet de palier en quatre parties facilement réglables.

La distribution s'opère comme dans les machines Corliss au moyen de quatre soupapes équilibrées placées aux extrémités du cylindre, deux à la partie supérieure pour l'admission, deux à la partie inférieure pour l'échappement. Ces soupapes, nous le répétons, sont maintenues sur leurs sièges par des ressorts à boudins. La tige de chaque soupape d'admission est munie d'un piston sur lequel s'appuie le ressort; la face opposée au ressort comprime, lorsque la soupape retombe sur son siège, la plus grande partie de l'air introduit pendant la levée par une petite ouverture dont on peut régler la section à la main, de manière à satisfaire à toutes les conditions voulues. Cette disposition a pour effet d'atténuer les chocs et d'éviter le mattage des surfaces en contact de la soupape sur son siège.

Le mouvement est donné aux soupapes par un arbre longitudinal tournant à la hauteur de l'axe du cylindre et commandé directement par l'arbre moteur au moyen d'engrenages. Sur cet arbre sont calées deux cames et deux excentriques, les premières actionnent les tiges des soupapes d'échappement qu'elles lèvent très-rapidement en les maintenant ouvertes une grande partie de la course, et qu'elles laissent retomber instantanément au moment voulu par l'action du ressort de pression. La tige de chaque soupape est articulée à un levier coudé mobile autour d'un axe supporté par le bâti; l'autre extrémité du levier est articulée à une barre terminée par un galet et soutenue par la bielle à laquelle elle est reliée. La came formée de deux parties cylindriques de rayons différents qui se raccordent reste toujours en contact avec le galet.

Pour les soupapes d'admission, la branche extérieure du levier coudé mobile sur son axe est articulée à une tringle qui se termine à son autre extrémité par un châssis. Ce châssis est relié par une bielle doublement articulée à une manivelle calée sur l'arbre de détente. La barre de l'excentrique circulaire, monté sur l'arbre longitudinal qui porte également les cames, est formée de deux flasques écartées l'une de l'autre et reliées à leurs extrémités par une entretoise qui porte en son milieu une sorte d'olive mobile sur son axe et qui présente une ouverture dans laquelle s'engage la tringle ci-dessus. Deux taquets en acier sont respectivement fixés au châssis et aux flasques dans l'intervalle qui les sépare et c'est seulement pendant la durée du contact de ces taquets que l'admission a lieu.

Dès que le contact cesse, les soupapes se ferment brusquement par l'effet des ressorts placés dans leur prolongement. L'arbre de détente parallèle au cylindre et qui ne règne que sur sa longueur porte outre les deux petits leviers du mouvement des soupapes un troisième levier relié à la tringle du régulateur dont il subit l'influence à chaque révolution. Les soupapes et leurs sièges sont en fonte spéciale, très-dure. Les sièges étant rapportés dans le cylindre, on peut facilement les enlever pour les visiter et les changer. Mais l'usure est inappréciable même au bout de plusieurs années.

MM. Satre et Averly ont fourni depuis 1875 à l'industrie un grand nombre de ces machines et l'on a pu voir à l'Exposition quels soins ils apportent à leur construction qui ne le cède en rien aux produits de nos plus grands constructeurs.

Lecointe et Villette, de Saint-Quentin (pl. II, fig. 2 et 3). — Machines horizontales accouplées, système Zimmermann, de 70 chevaux, actionnant la transmission de la section 1, classes 52 et 58.

Le bâti, dit bâti Corliss, en fonte, creux, a l'aspect d'une poutre et repose en deux points sur son massif de fondation, le support de palier de l'arbre moteur d'une part et le cylindre de l'autre. Les glissières de tête de piston formées par une partie cylindrique alésée se terminent par une couronne sur laquelle est boulonné le cylindre supporté par une semelle très-solide. L'enveloppe de vapeur est venue de fonte avec le cylindre. Les coulisseaux de la tête de piston sont rapportés. La distribution se compose de quatre soupapes en bronze, deux supérieures pour l'admission, deux inférieures pour l'échappement. Ces soupapes reposent sur des sièges qu'on peut facilement démonter et remplacer lorsqu'elles sont usées. Les distributeurs d'admission sont commandés par un système de déclic de l'invention de M. Zimmermann. Le mouvement est transmis à la distribution par un seul excentrique. Celui-ci calé sur l'arbre moteur actionne d'une part une pièce rectangulaire qui commande l'introduction, et de l'autre un levier qui commande l'échappement. La pièce triangulaire oscille sur un axe fixé au cylindre. Elle porte deux boutons d'articulation sur lesquels sont montées les bielles qui actionnent les soupapes d'admission. Ces organes portent chacun un cliquet en acier articulé autour d'un petit axe auxiliaire et pressé par un ressort. Les cliquets actionnent à leur tour des petits axes qui soulèvent les soupapes à l'aide de leviers calés sur eux et dont la fermeture s'opère par l'action de ressorts placés au-dessus, dans des boîtes qui contiennent en outre un piston chargé de comprimer de l'air à l'effet d'éviter les chocs et de rendre le soulèvement des distributeurs plus doux.

L'excentrique de distribution imprime à la pièce triangulaire un mouvement de va-et-vient, les cliquets rencontrent, en descendant, les extrémités des leviers et soulèvent alternativement les soupapes pendant une certaine fraction de la course du piston, en rapport avec la quantité dont les cliquets recouvrent les extrémités des leviers, c'est-à-dire avec la durée du contact des cliquets et des leviers. Dès que les cliquets quittent les leviers, la fermeture des soupapes s'opère, et l'instant du déclanchement est déterminé par la position du régulateur. Ce dernier actionne un levier calé sur un axe qui porte une double came. La came elle-même commande des bielles dont la position fait mordre plus ou moins les cliquets sur les leviers. L'introduction de vapeur est par suite plus ou moins prolongée suivant la résistance à vaincre. Le régulateur employé est du système Porter.

La consommation de vapeur serait de 9 kilogs par cheval et par heure, en tenant compte des condensations dans le cylindre et la tuyauterie. La dépense de charbon est évaluée à $1^{k},125$ par cheval et par heure. La forme de ces machines est élégante, leur entretien facile; elles se recommandent par une grande régularité de marche.

MM. Lecointe et Villette avaient exposé dans la classe 52 une machine à vapeur horizontale à 2 volants avec vilebrequin. Cette machine à détente fixe par recouvrement sans condensation actionnait une pompe à air horizontale à double effet. Le piston de la pompe à air était placé sur le prolongement de la tige du piston à vapeur.

Société de constructions mécaniques d'Anzin, ancien établissement de Quillacq. Anzin (Nord) (pl. III, fig. 3). — Machine d'extraction à 2 cylindres accouplés

à détente variable et à condensation. Comme machine de mines c'était une des plus fortes, sinon la plus belle. Les bâtis sont complétement distincts et ne sont réunis que par l'arbre des tambours. Comme forme générale c'est celle du bâti Corliss, avec le cylindre reposant sur un socle spécial et boulonné sur l'extrémité des glissières formant collerette. Les glissières sont cylindriques bien entendu et présentent une surface convenable. Le coussinet de l'arbre moteur est construit en quatre pièces. Les quatre soupapes du type Sulzer à double siège sont placées aussi près que possible des fonds des cylindres et groupées deux à deux dans une même boîte, l'une au-dessous de l'autre. Les cylindres sont munis d'une enveloppe de vapeur et les soupapes d'échappement leur servent de purgeurs. Ces dernières de même que les soupapes d'admission sont en fonte de qualité supérieure.

La machine se distingue par un système de distribution spécial : Deux excentriques conduisent une coulisse de Gooch qui donne par l'intermédiaire d'une double tige b^1 et b^2 un mouvement de va-et-vient au bras b^3, mouvement dont l'amplitude dépend de la position du coulisseau dans la coulisse. Le centre de la coulisse se meut presque en ligne droite grâce au levier a^1 dont la branche inférieure se relie par la tringle a^2 au levier a^3 auquel est attachée la manette b^3 dont nous avons parlé plus haut. Le taquet fixé en haut de la manette b_3 reçoit ainsi une sorte de mouvement elliptique et engrène alternativement avec les touches d'acier dont sont munies les bielles h^2 qui commandent les soupapes, et qui sont elles-mêmes suspendues par les bielles h_1 au levier g mobile autour d'un point fixe. C'est la tige f_1 en relation avec le régulateur qui détermine par l'intermédiaire de l'axe E et des tringles f_2 et f_3 la position de g et par conséquent le degré de détente. d est l'arbre de relevage de la bielle de commande b_1 au moyen du levier c_1 et de la bielle c_2.

Le régulateur du système Porter se trouve placé entre les deux machines. Un cylindre à vapeur spécial sert à manœuvrer les freins au moyen d'un levier placé à la main du mécanicien. Toutes les pièces en mouvement sont en acier.

Inutile d'ajouter que l'exécution ne laisse rien à désirer.

Diamètre des cylindres.	0m,720
Course des pistons.	0m,600
Diamètre de l'arbre des tambours.	0m,280
Diamètre des soupapes.	0m,110

Une machine du même type avec mouvement de distribution analogue de la force de 50 chevaux actionnait l'une des transmissions de la classe 50.

MM. *Sulzer frères, à Winterthur*. — Machine à quatre soupapes système Compound. Cette machine quoique représentant au point de vue du système des distributeurs le véritable type connu sous le nom de son inventeur sera décrite avec les machines Compound en raison de l'application que l'inventeur y a faite du cylindre de détente. La machine Satre et Averly représentait exactement le type Sulzer ordinaire.

M. *Walschaerts, de Bruxelles*. — Machine horizontale, genre Sulzer, à détente variable. Cette machine, de la force de 40 chevaux, donnait le mouvement à la transmission de la section belge. Elle se recommande par sa distribution particulière. Son bâti se compose de deux parties, le palier moteur et la glissière circulaire boulonnée d'une part à ce palier et de l'autre au cylindre. Le cylindre muni d'une enveloppe de vapeur repose en son milieu sur deux supports distincts.

Les soupapes à double siège sont placées sur le dessus du cylindre, elles sont

actionnées par des excentriques montés sur un arbre placé parallèlement au cylindre, au moyen d'un déclic faisant partie de la bielle d'excentrique et agissant sur une petite plaque fixée à l'une des extrémités du levier horizontal qui soulève les soupapes. La variation de détente par le régulateur s'effectue sur la tige d'excentrique de manière qu'aussitôt le déclanchement opéré, la valve retombe sur son siège; elle y est pressée comme dans les machines Sulzer par un ressort en spirale. Au lieu de soupapes, M. Walschaert emploie pour l'échappement des tiroirs placés sous les cylindres et dont le mouvement n'a lieu qu'à la fin de chaque course, au moyen de petits leviers attaqués par la tête de piston et munis d'un galet qui vient butter sur la tige des tiroirs. La détente peut varier de 0 à 0,85 de la course.

La pompe à air et le condenseur sont placés sous le bâti et commandés par un système de leviers verticaux mis en relation par une bielle, avec la manivelle motrice. La consommation de ces machines est d'après les essais faits sur une machine de 200 chevaux de 0^k,82 par cheval et par heure y compris le charbon brûlé pendant les arrêts. Toutes les parties de la machine sont très-accessibles et le mouvement de distribution qui se rapproche beaucoup de celui de Sulzer nous a paru simplifié, et présenter pour cette raison, certains avantages surtout au point de vue de l'usure des pièces et des réparations qui en sont la suite.

Société suisse de Winterthur (pl. IV, fig. 1). Machine horizontale à condensation, système Brown. — Cette machine construite aux ateliers de Winterthur dont M. Ch. Brown est l'ingénieur-directeur se rapproche par la disposition des soupapes du genre Sulzer ainsi que nous le verrons plus loin. Le bâti se compose des glissières boulonnées au cylindre et d'une partie en forme de fourche terminée par les deux paliers de l'arbre moteur. Le poids de la machine est réparti sur les deux supports de paliers et sur le socle du cylindre auquel est boulonnée la glissière terminée en ce point par une bride de forme annulaire laissant passer en son milieu la presse-étoupe de la tige du piston. La glissière est en outre percée d'une large ouverture à la partie supérieure rattachée au cylindre pour permettre l'accès facile de la garniture. Les chapeaux de paliers sont serrés à bloc, et le jeu produit par l'usure dans les coussinets se rattrape au moyen de vis de réglage. Une cuvette ronde placée sous les paliers permet de recueillir l'huile en excès.

Le cylindre est à enveloppe rapportée. La vapeur qui vient de la chaudière circule dans l'espace compris entre l'enveloppe et le cylindre proprement dit avant de se rendre dans la chambre de distribution, lorsque la soupape est ouverte. La tige de piston prolongée à l'arrière est pourvue d'un guide et sert à donner le mouvement aux soupapes à air au moyen d'un levier articulé. Les manivelles sont remplacées par des disques en fonte à contre-poids équilibrés, ce qui a permis d'employer un arbre droit en deux parties.

Ce qui caractérise tout spécialement cette machine, c'est la disposition du mouvement de distribution et des soupapes. L'ouverture et la fermeture des soupapes d'admission s'obtiennent par une combinaison de mouvements de leviers sans l'emploi d'excentriques. Un axe fixé au centre de la bielle décrit un ovale et communique un mouvement analogue à l'extrémité inférieure d'un levier vertical guidé à sa partie supérieure par un mouvement parallèle. Un peu au-dessous de ce point le levier vertical actionne une tige reliée directement à la tige des buttoirs qui commandent les soupapes. Quand l'ensemble des leviers est dans la position indiquée sur la figure, le régulateur se trouvant au point le plus élevé, la ligne suivant laquelle se meut l'extrémité supérieure du levier vertical est elle-même verticale et le point qui mène les soupapes a par consé-

quent une course très-faible à parcourir; il décrit un ovale dont le diamètre est très-petit dans la direction des buttoirs.

Lorsque la boule du régulateur descend, la plaque qui porte les centres du mouvement est légèrement inclinée, ce qui fait que le mouvement du point guidé cesse d'être vertical et devient oblique et le mouvement de ce point a lui-même une composante dans la direction du mouvement de la tige des buttoirs. La course des soupapes se trouve ainsi grandement accrue, ce qui augmente la durée de l'admission.

En déterminant dans des proportions convenables la longueur et la position des divers leviers, on obtient une excellente distribution de vapeur.

Les soupapes sont à double siège et se soulèvent à l'aide d'un levier articulé placé à la partie supérieure. A l'extrémité de chacun de ces leviers est placé un buttoir à bosse creuse. Ces bosses portent et guident la tige des buttoirs qui est actionnée par le mouvement des leviers déjà décrits. De puissants ressorts placés dans des boîtes au-dessus des soupapes les maintiennent toujours fermées. Lorsque les soupapes sont ouvertes, ces ressorts maintiennent les deux buttoirs en contact, de façon que la rapidité de la fermeture est déterminée par la machine et que les soupapes ne sont pas abandonnées à l'action des ressorts. On obtient ainsi une fermeture très-rapide sans avoir l'inconvénient des soupapes abandonnées à elles-mêmes. En outre les soupapes ne peuvent retomber brusquement sur leurs sièges. Elles sont munies à cet effet d'une soupape auxiliaire de forme particulière sur laquelle la vapeur agit pour amortir le choc.

Les soupapes d'échappement sont également à double siège; elles sont manœuvrées par des leviers à cames qui reçoivent leur mouvement d'un excentrique calé sur l'arbre. La fermeture a lieu comme pour l'admission par un ressort, mais elle est réglée par la machine elle-même, les leviers à came étant toujours en contact avec les parties sur lesquelles elles agissent. La soupape d'introduction placée au centre du cylindre est manœuvrée à l'aide d'un petit levier à main.

Dimensions principales de la machine :

Diamètre du cylindre.	0^m,400
Course.	0^m,700
Longueur de la bielle.	2^m,000
Diamètre du volant.	2^m,600
Nombre de tours par minute.	120

Cette machine était une des plus remarquables de l'Exposition.

MM. *Socin et Wick, de Bâle* (pl. II, fig. 4). — Machine horizontale système Corliss modifié à détente variable, force de 40 chevaux.

Bâti Corliss, le cylindre repose sur un socle indépendant.

L'admission de vapeur se fait par soupapes équilibrées et l'échappement par tiroirs à grille. Le mouvement de distribution est ainsi disposé : une bielle d'excentrique commande le petit bras A d'une équerre dont le plus grand B porte une poulie de friction qui presse sur une plaque C à l'un des bouts du levier D dont l'autre extrémité soulève la soupape. Le dessus de la plaque C présente au galet de friction du côté extérieur un plan incliné et à l'intérieur un arc de cercle ayant pour rayon le levier de l'équerre B, plus le rayon du galet et pour centre l'axe du levier AB. Le galet de friction en marchant dans la direction CA appuie sur la surface plane et fait monter l'autre bout du levier double D qui à son tour soulève la soupape jusqu'à ce qu'il ait passé le point d'intersection entre le plan incliné et l'arc, après quoi il n'a plus d'action sur le levier jusqu'à ce que la soupape soit redescendue au moment où se fait la détente.

La fermeture de la soupape s'effectue par un ressort en spirale doublement pressé dans les deux sens pendant la levée de la soupape. Cette compression cesse dès que le galet a dépassé le sommet de la plaque C, tandis que la descente continue jusqu'à la fin de la course parcourue par le galet. L'air se trouvant comprimé en même temps que le ressort, le choc de la soupape est presque annulé.

Le tiroir d'échappement se trouve placé sous le cylindre comme l'indique la figure.

Le régulateur adopté est le régulateur Cosinus de Buss.

Diamètre du cylindre.	0^m,465
Course du piston.	0^m,900
Nombre de tours.	60
Force en chevaux.	50

Les mêmes constructeurs avaient exposé en outre une machine horizontale de 10 chevaux avec une détente variable par le régulateur.

Collmann, à Vienne (Autriche). — Machine horizontale à détente, système Collmann.

C'est une machine à un seul cylindre, à quatre soupapes, genre Sulzer, l'une des plus remarquables de l'Exposition par la disposition même des distributeurs et le mode ingénieux du mouvement avec détente variable par le régulateur. La disposition des soupapes est semblable à celle adoptée dans les machines Sulzer. La distribution s'opère au moyen de quatre soupapes équilibrées, deux à la partie supérieure pour l'admission, deux à la partie inférieure pour l'échappement. Le mouvement leur est donné par un arbre longitudinal placé à la hauteur de l'axe du cylindre et commandé directement par l'arbre moteur au moyen d'un engrenage conique. Le régulateur isochrone reçoit le mouvement de l'arbre longitudinal au moyen de deux roues hélicoïdales. Les soupapes sont soulevées par des cames et se ferment en tombant entraînées par leur poids et par celui des tiges et des leviers auxquels elles sont reliées.

Le mérite de l'inventeur réside dans la transmission du mouvement des soupapes qui ne sont jamais abandonnées à elles-mêmes et cependant se ferment rapidement sans choc et sans l'emploi d'aucun déclic. Les deux soupapes d'admission sont munies de tiges rondes aux deux extrémités et rectangulaires sur la plus grande partie de leur longueur, dans laquelle on a pratiqué un évidement. Cet espace vide est occupé par une petite bielle et une douille creuse articulée à la tige. Cette douille se termine par une butée méplate. Une bielle avec manchon mobile relie la barre d'excentrique à la tige ronde qui coulisse dans la douille et à la petite bielle inférieure. Cette dernière est elle-même articulée à un levier oscillant dont l'autre extrémité est fixée vers le milieu de la barre d'excentrique. Un ressort supérieur appuie constamment sur les tiges des soupapes et les force à revenir sur leurs sièges sitôt que les douilles creuses n'agissent pas en sens inverse. Dans son mouvement rotatif, l'excentrique élève et abaisse le levier d'oscillation, celui-ci fait toucher les deux butées, la petite bielle pousse sur la douille creuse et la soupape s'ouvre. L'extrémité de la barre d'excentrique par l'intermédiaire de la grande bielle vient à son tour éloigner les deux butées, la soupape se ferme en vertu de son poids et du ressort supérieur.

La fermeture s'opère d'autant plus vite et par suite le degré de détente est d'autant plus grand que le manchon est plus éloigné de l'excentrique, ce qui a lieu lorsque les boules du régulateur s'écartent. Les plaques de butée sont recouvertes de cuir pour éviter le petit bruit qu'elles feraient lorsqu'elles arrivent en contact.

La soupape se soulève par suite de sa connection directe avec l'excentrique à un certain point de la course déterminé par le régulateur, les pièces de poussée qui forment un ensemble rigide s'obliquent, le buttoir sort de la douille au lieu d'appuyer dessus et la soupape se ferme rapidement.

Il y a, comme on le voit, dans cette distribution, une combinaison très-curieuse du mouvement constant d'un excentrique ou d'une manivelle transmis par l'arbre de couche à un axe parallèle à celui du cylindre et du mouvement variable d'un levier soumis à l'action du régulateur. Il en résulte une variation dans l'introduction correspondant aux oscillations du régulateur bien que les soupapes soient actionnées directement par le mouvement d'un levier invariable.

Cette particularité n'existe qu'à l'introduction ; quant aux soupapes d'échappement elles sont attaquées directement à la partie inférieure par deux excentriques calés sur le même arbre qui actionne les soupapes d'admission.

Machines à deux cylindres, système Compound et système Woolf à balancier. — La machine proprement dite de Woolf à balancier construite sur le principe de détente au moyen de deux cylindres inégaux a été imaginée en vue

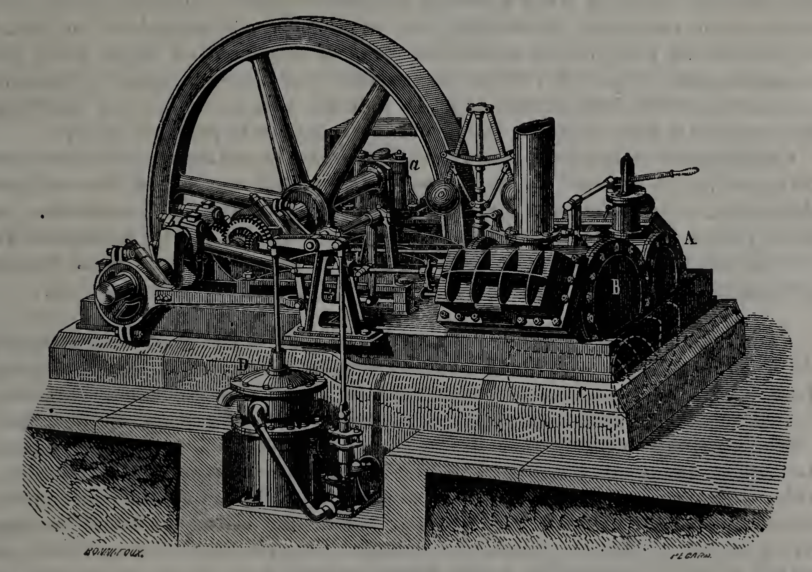


Fig. 5. — Machine à cylindre de M. May, de Birmingham.

d'une réalisation meilleure du travail de la vapeur. On lui a donné pendant longtemps une disposition verticale se recommandant par une grande stabilité et une grande régularité de marche. Mais plus tard les machines horizontales ont pris faveur et la majeure partie des moteurs à vapeur construits depuis vingt ans l'ont été sous cette forme. Il n'était donc pas étonnant qu'on cherchât à réaliser le principe Woolf avec la disposition horizontale. C'est ainsi qu'en 1867 plusieurs machines étaient caractérisées par la présence de deux cylindres inégaux, entre autres celles de Van-den-kerchowe, de Gand ; Schmid, à Semmering ; Dingler, à Zweibrucken ; Bergsund, à Stockholm ; Carrett et Marshall d'Angleterre etc., Et déjà à Londres, en 1862, M. May de Birmingham exposait la petite machine à cylindres que représente la figure 5.

Les cylindres avaient respectivement 0^m25 et 0^m53 de diamètre et la course

de chacun des deux pistons était de 0m610: une chemise de vapeur alimentée directement par la chaudière enveloppe les deux cylindres. La vapeur s'introduit dans le petit cylindre A à la pression même de la chaudière, et son introduction cesse à partir de la moitié de la course comme dans certaines machines à détente ; elle s'échappe ensuite dans un réservoir C, placé sous la plaque de fondation, et entièrement enveloppé de vapeur; elle est emmagasinée dans ce réservoir C jusqu'à ce que la manivelle B du plus grand cylindre, calée à angle droit de la manivelle *a* du petit, ait amené le piston correspondant à l'extrémité de sa course; alors seulement le tiroir du grand cylindre s'ouvre à l'admission et laisse entrer dans ce cylindre la vapeur du réservoir également jusqu'à mi-course ; elle agit enfin par sa détente et s'échappe dans le conducteur D qui dans la machine exposée était un condenseur à surface.

C'est à cette époque, disons-nous, que ce type spécial a pris naissance, sous le nom de machine *Compound* ou *Composée* qui n'est en réalité qu'une modification du système de Woolf en ce sens que l'échappement du petit cylindre se fait non pas directement dans le grand cylindre mais dans un récipient intermédiaire qui joue par rapport au grand cylindre le rôle que le générateur joue relativement au petit. Il n'y a plus de relation obligatoire au point de vue de la distribution entre les dispositions des manivelles correspondant au grand cylindre et au petit, et ces manivelles peuvent être calées à angle droit, par exemple, pour obtenir des efforts plus réguliers sur l'arbre moteur. Néanmoins certains constructeurs donnent à tort le nom de Compound à leurs machines horizontales à deux cylindres établies uniquement sur le principe Woolf.

Ce système de machines était largement représenté au Champ de Mars et tout en conservant à chacune d'elles le nom de Compound sous lequel elles ont été désignées, nous aurons soin d'indiquer leur véritable mode de construction, et nous ferons aux vraies Compounds l'honneur de les décrire les premières. Ce sont notamment les machines de M. Claparède, de Saint-Denis; de la Société générale de Pantin, de MM. Escher, Wyss et Cie, de Zurich, Demenge, etc.

Claparède, à Saint-Denis. — Machine horizontale Compound à condensation de 40 chevaux. Cette machine était l'une des plus remarquables de l'Exposition. Le bâti consiste en une caisse longitudinale très résistante sur laquelle reposent les cylindres boulonnés sur toute la longueur de l'assise et qui se termine à l'autre extrémite par les paliers inclinés à 45° de l'arbre moteur à double coude. Les deux cylindres Compound sont à enveloppe de vapeur et placés côte à côte. Celle du grand cylindre sert en même temps de réchauffeur au récipient intermédiaire par lequel passe la vapeur venant du cylindre à haute pression avant d'entrer dans le cylindre de détente. Ces cylindres ont respectivement 0m485 et 0m900 de diamétre, course 0m900, rapport des volumes 1/3, nombre de tours 40 .Une seule glissière pour chaque cylindre. La distribution de la vapeur s'effectue dans cette machine, au moyen de soupapes équilibrées, placées à la partie inférieure des fonds de cylindres à l'effet de diminuer le plus possible l'espace nuisible. Les soupapes sont à double siège, distinctes l'une de l'autre pour l'admission et l'échappement, et sont manœuvrées par des cames faisant friction sur des galets. Les cames des soupapes d'échappement sont fixes, celles d'admission montées sur deux axes horizontaux perpendiculaires à l'axe horizontal de la machine peuvent suivre le mouvement d'oscillation du régulateur par l'intermédiaire d'un jeu de leviers agissant sur des manchons à bosse calés sur l'arbre des cames, de façon que l'admission de vapeur soit prolongée ou diminuée en raison de la durée du contact entre les cames et les galets suivant la position des bras du régulateur. Ce système de distribution peut s'appliquer à toute espèce de machine et présente entre autres avantages celui de sup-

primer les organes travaillant par choc, tels que taquets, déclics, tampons, buttoirs.

La pompe à air placée sous les cylindres est actionnée par un levier fixé sur la tête de piston. Toutes les pièces mobiles sont en acier. Cette machine, comme on le voit, présente certaines particularités remarquables : détente variable dans chacun des deux cylindres au moyen du régulateur, durée d'admission également variable dans chaque cylindre séparément. La proportion entre les admissions s'obtient au moyen de formes différentes données aux cames selon qu'elles sont destinées à agir sur les cylindres à haute ou à basse pression. Ces formes sont telles que lorsque la machine marche à sa vitesse normale, le volume de vapeur admis dans les cylindres de détente est presque égal à celui qui s'échappe du cylindre à haute pression. Si la vitesse de la machine change, l'admission au cylindre à basse pression n'est pas affectée aussitôt que celle du cylindre à haute pression, excepté quand la vitesse est sensiblement accélérée et dépasse celle pour laquelle la machine est réglée.

La machine Claparède est la seule qui possède cette particularité, la détente du grand cylindre quand elle existe est toujours fixe. Mais il y a en effet avantage à faire varier la détente dans le grand cylindre en même temps que dans le petit, s'il y a récipient de vapeur intermédiaire entre les deux, afin de conserver une relation convenable entre la capacité du récipient, le rapport des volumes décrits par les pistons, le degré de détente dans chaque cylindre et la pression initiale de la vapeur.

En résumé cette machine était très bien étudiée, bien disposée et d'une exécution soignée.

Société centrale de construction de Pantin (*anciennement Weyher et Richemond*). — Machine à deux cylindres Compound, de la force de 100 chevaux (pl. VII, fig. 1 et 2). Cette machine est à deux cylindres de diamètres différents à enveloppe de vapeur dont le plus petit A reçoit la vapeur directement de la chaudière par un tiroir avec détente à came. La vapeur après une première détente passe dans un récipient intermédiaire disposé concentriquement et pénètre dans le grand cylindre B par un tiroir ordinaire où elle achève de donner tout son travail ; elle se rend de là dans le condenseur C placé verticalement sur le côté du grand cylindre. La pompe à air D également verticale est disposée latéralement, elle est à simple effet et divisée en deux corps avec plongeurs en bronze agissant alternativement pour rendre l'épuisement continu. Les clapets en caoutchouc sont disposés de façon que l'eau s'écoule naturellement du condenseur dans la pompe sans aucune perte de charge par aspiration. Les pistons sont actionnés par un arbre à leviers E, ayant la forme d'un T renversé dont la branche supérieure est reliée par une bielle F à l'extrémité de l'axe du coulisseau de gauche de la tête de piston. Les cylindres sont entourés d'une double enveloppe en communication constante avec la vapeur vierge de la chaudière, ce qui a pour effet d'éviter toute condensation dans l'intérieur des cylindres. Quant à la détente, elle s'obtient dans le petit cylindre au moyen d'un tiroir muni de glissières dont l'écartement est réglé par une came actionnée par le régulateur. Ce tiroir et le tiroir principal d'admission sur lequel il est superposé sont manœuvrés chacun par un excentrique.

L'arbre moteur est à double coude et supporté par trois larges paliers inclinés G; il porte à chaque extrémité une poulie-volant. Les bielles en acier sont terminées par de grosses têtes en bronze embrassant les mannetons de l'arbre. Les surfaces de frottement sont très grandes et toutes les pièces susceptibles d'usure sont munies d'un système de rattrapage de jeu.

Le bâti H simple sans moulure est très robuste, très compacte, à doubles glissières I, I, rapportées pour chaque cylindre.

L'alimentation s'obtient à l'aide d'une pompe à courant continu qui fonctionne constamment en restant toujours amorcée ; lorsqu'on ne veut pas alimenter, il suffit d'ouvrir le robinet spécial de décharge par lequel l'eau aspirée retourne à la bâche du condenseur.

Le régulateur Porter, P muni de l'appareil compensateur Denis, agit sur une distribution à came analogue à celle de Farcot ; il reçoit son mouvement de l'arbre de couche par le moyen d'une courroie très large avec tendeur à contrepoids et vis sans fin et permet de faire varier la durée de l'introduction dans le petit cylindre entre les plus grandes limites.

Avec ce régulateur la vitesse de rotation est rigoureusement constante, quelle que soit la valeur du travail résistant, si l'on compte cette vitesse en nombre de tours à la minute. Le poids du volant est relativement faible, l'écart du régulateur pouvant être très grand.

Voici en quelques mots en quoi consiste l'invention de M. Denis : Supposons que la vitesse de régime qu'on veuille établir soit de 70 tours ; désignons par M la position correspondante du manchon ; si le travail résistant vient à diminuer, le manchon se lève et il restera dans sa position M, correspondant à une vitesse de 75 tours, par exemple. S'il s'agissait d'un régulateur de Porter ordinaire, la nouvelle vitesse de régime garderait la valeur de 75 tours. Mais si nous raccourcissons la bielle de commande de l'organe de réglage, nous pourrons ramener le manchon à son ancienne position M et la vitesse de régime reprendra la valeur primitive de 70 tours. Tel est le principe du régulateur Denis; les raccourcissements et allongements successifs de la bielle de commande sont obtenus par un mouvement automatique convenablement disposé. En résumé ce système permet d'obtenir une vitesse, en nombre de tours à la minute, rigoureusement constante, bien que le volant de la machine soit assez faible. Mais il ne peut en aucune façon empêcher les variations de la vitesse pendant l'intervalle d'une révolution du volant.

Société de construction des Batignolles. Précédemment Ernest Gouin et Cie. — Machine horizontale à deux cylindres Compound. — Cette machine peut fournir jusqu'à 120 chevaux de force, à 40 tours et sous une pression de 5 à 6 kilogr. La consommation en charbon ne dépasserait pas, d'après les essais, par heure et par cheval, plus de $0^{kg},990$.

Le diamètre du petit cylindre est de 0,460, celui du grand cylindre 0,750 Course des pistons 0,900; le rapport du volume du petit cylindre à celui du grand est de $^1/_{27}$. — L'introduction au petit cylindre peut varier de 23 $^0/_0$ à 55 $^0/_0$. Elle est constante dans le cylindre de détente et de 37 $^0/_0$.

Les deux cylindres sont placés l'un à côté de l'autre sur un bâti plat très solide à section en U renversé formant un cadre complet avec cloison médiane de même section dans le sens longitudinal. L'arbre moteur à double coude est ainsi porté par trois paliers munis de coins de serrage et à vis de rappel.

Le petit cylindre dans lequel la vapeur agit à pleine pression est entouré d'un réservoir dans lequel est dirigée sa vapeur d'échappement; c'est dans ce réservoir que s'alimente le grand cylindre travaillant par détente et condensation.

Les lumières d'introduction du petit cylindre ont une section égale au $^1/_{14}$ de la surface du piston. La lumière d'échappement du petit cylindre a le $^1/_6$ de la surface du piston. Pour le grand cylindre, les lumières d'introduction et la lumière d'échappement ont respectivement des sections égales au $^1/_{20}$ et au $^1/_9$ de la surface du piston. Les tiroirs sont des tiroirs simples à coquille et recouvrement. Le tiroir du petit cylindre est conduit par une coulisse droite qui ne

donne que $4^{m}/_{m}$ $^{1}/_{2}$ de perturbation pendant la course moyenne. Ce système créé par le constructeur est appliqué par lui depuis plusieurs années dans la construction des locomotives. Cette coulisse est commandée par deux excentriques d'un petit diamètre fixés sur une manivelle qui est elle-même calée à l'extrémité de l'arbre coudé de la machine. Cette disposition permet d'obtenir de grandes courses de tiroir avec des excentriques d'un petit diamètre et donnant par conséquent peu de frottement. Les tiroirs des deux cylindres ainsi que leurs boîtes de vapeur sont placés en dehors et de chaque côté de la machine de manière à pouvoir être visités avec facilité.

La détente du petit cylindre est variable à volonté à la main et par le régulateur. Ce dernier dans la limite de vitesse assignée à la machine agit sur la coulisse pour faire varier l'admission. Dans le cas où la résistence viendrait à diminuer accidentellement dans une proportion trop considérable, en l'absence du mécanicien-conducteur, le régulateur agit de plus comme stoppeur en fermant brusquement l'arrivée de vapeur et en laissant entrer en grand l'air dans le condenseur et dans le grand cylindre, ce qui arrête presque immédiatement la machine malgré la vapeur contenue dans le réservoir intermédiaire.

La pompe à air est placée derrière le cylindre et commandée par un balancier prenant son mouvement sur la tête de piston.

Cette machine nous a paru très simple, bien exécutée, facile à entretenir et à réparer.

Compagnie de Fives-Lille. — Machine horizontale Compound, système Demenge *à simple effet.* Cette machine de la force de 40 chevaux, construite d'après les plans de l'inventeur, mérite qu'on s'y arrête en raison de sa distribution originale à détente variable par le régulateur.

Le bâti est solidement assis sur un massif de fondation.

Les cylindres sont de diamètres différents, à simple effet du côté de la face externe des pistons; ils sont fixés en regard l'un de l'autre et les bielles articulées directement sur les pistons travaillent par compression sur un même bouton de manivelle.

La vapeur agit d'abord dans le petit cylindre avec détente partielle, puis elle achève de se détendre dans le grand cylindre. Chacune de ces deux actions n'a lieu qu'entre les pistons et les fonds extérieurs des cylindres. Aucun effort n'est exercé sur les faces intérieures des pistons. Cette disposition permet de donner une grande vitesse à la machine.

Les cylindres sont à enveloppe de vapeur, et un réchauffeur entoure le réservoir intermédiaire qui reçoit la vapeur s'échappant du petit cylindre pour entrer dans le grand. Ils sont montés aux deux extrémités d'un corps cylindrique formant bâti et fondu en conséquence avec la plaque de fondation. Le milieu de ce bâti est traversé par l'arbre moteur monté sur deux boitards ou paliers hermétiques et qui ne se trouve en conséquence soumis qu'à la différence des efforts développés par la vapeur sur les deux pistons. Ceux-ci sont assemblés directement par articulation avec les deux bielles pénétrant librement dans les cylindres.

Dans les machines sans condensation, l'espace compris entre les deux cylindres est entièrement ouvert, mais dans les machines à condensation, comme celle qui nous occupe actuellement, cet espace est hermétiquement fermé, et le vide y est maintenu de telle sorte que l'air y soit à la pression de 0,1 d'atmosphère. Les fonds des cylindres et les faces des pistons sont garnis de plomb, métal beaucoup moins bon conducteur de la chaleur que le fer et la fonte, ce qui a pour effet de réduire les condensations intérieures.

L'admission de vapeur a lieu sur chacun des deux cylindres par un tiroir

armé de registres permettant d'opérer de la détente dans chacun des cylindres, indépendamment de la détente qui résulte naturellement du passage de la vapeur du petit cylindre dans le grand. Les deux tiroirs de distribution sont reliés par leurs tiges à un même châssis en fonte, à l'intérieur duquel tourne un excentrique circulaire plein, fixé sur le prolongement de l'arbre moteur. Les deux registres de détente sont commandés exactement de la même façon au moyen de leurs tiges par un châssis et un excentrique. Le registre appliqué à la distribution du petit cylindre fonctionne de manière à fermer en temps voulu la lumière dont le tiroir principal est percé, et à interrompre ainsi l'admission de la vapeur; ce moment dépend de la course de ce registre qui est fixe et de sa longueur ou plutôt de sa position sur la tige, position qui varie avec le degré d'admission.

A cet effet, le registre est assemblé au moyen d'un écrou sur une tige réunie à la tige principale par un filetage en sens inverse du précédent; cette tige glisse dans un manchon qui forme extérieurement un petit volant à main. Lorsqu'on fait tourner le volant, le manchon fait tourner la tige et à la faveur des deux parties filetées, il se produit à la fois un changement de longueur entre les tiges et par suite un déplacement du registre. Quant au registre appliqué au tiroir du grand cylindre, il est à course fixe, réglé par une détente déterminée. L'introduction du grand cylindre est calculée de telle sorte que quelles que soient la pression et l'introduction dans le petit cylindre, le commencement et la fin de la période d'évacuation de ce dernier cylindre se font à la même pression. La vapeur produit donc son maximum de travail.

Le condenseur consiste en une caisse en fonte indépendante renfermant le corps de pompe à air dont le piston est relié directement par une tige au grand piston à vapeur. Ce piston réduit de diamètre en un certain point sert de plongeur même à la pompe alimentaire.

Le régulateur Demenge s'adapte directement sur le bout de l'arbre de transmission. Il consiste en un plateau monté à vis sur cet arbre et muni d'oreilles, recevant l'axe de rotation de deux leviers fondus avec des masses pesantes et engagés dans une mortaise pratiquée dans un axe. Cet axe pénètre par un bout dans la douille filetée reliant le plateau à l'arbre même de transmission et son autre bout est muni d'une pointe en acier qui vient butter sur une vis faisant partie d'un levier muni de crans pour recevoir à des distances plus ou moins rapprochées du centre d'oscillation un contre-poids compensateur. Le plateau tournant avec l'arbre entraîne dans son mouvement les leviers avec leurs boules qui s'éloignent ou se rapprochent du centre, suivant que la vitesse de rotation est plus ou moins grande. L'axe central fait osciller le levier qui vient agir sur la soupape d'émission de la vapeur.

Dimensions générales de la machine :

Diamètre du grand piston	0m,500
Diamètre du petit piston	0 ,275
Course commune	0 ,250
Rapport des sections et des volumes	3,3
Nombre de tours par minute	180
Pression absolue de la vapeur dans le petit cylindre	6 kil.

M. Demenge est le premier qui ait préconisé les machines Compound à simple effet. Elles sont brevetées dans les principaux pays de l'Europe et construites en France par la Compagnie de Fives-Lille, MM Olry et Granddemange, Crozet et Cie et Michel Puy.

La compagnie de Fives-Lille avait exposé une locomobile de 6 chevaux du même système sans condensation avec chaudière tubulaire et foyer amovible.

Escher Wyss et Cie, de Zurich. (Pl. V, fig. 4). Machine Compound horizontale de la force de 60 chevaux. Cette machine est composée de deux cylindres placés sur le même axe l'un à la suite de l'autre, et reposant chacun sur un bâti commun. Ils sont reliés au palier de l'arbre moteur comme dans les machines Corliss, par une poutre creuse et un cylindre alésé, servant de glissière. Au-dessous des deux cylindres se trouve un réservoir chauffé par la vapeur de la chaudière dans lequel la vapeur qui s'échappe du petit cylindre vient se réchauffer avant de passer dans le grand.

La pompe à air à double effet placée sous le bâti, non loin du cylindre à haute pression reçoit son mouvement par un balancier que commandent deux petites bielles articulées sur la tête de piston. La manivelle, l'arbre moteur et la tête de piston sont en fer, les autres pièces du mouvement en acier. Le volant de 3 mètres de diamètre est pourvu de six gorges pour recevoir des cordes en chanvre de $40^{m}/^{m}$.

Le cylindre à haute pression est muni d'une enveloppe de vapeur; le grand cylindre n'en a pas, mais se trouve protégé comme cela se fait généralement par une garniture extérieure mauvaise conductrice de la chaleur et recouverte de douves en bois. La vapeur arrive dans l'enveloppe du petit cylindre, agit sur le piston de ce dernier, et se rend dans le réservoir réchauffeur, pour de là, passer dans le cylindre de détente.

La distribution de la vapeur s'effectue au moyen de soupapes, deux pour l'admission et deux pour l'échappement placées par paires aux extrémités de chaque cylindre. Les premières sont commandées par un excentrique, les soupapes d'échappement par des cames; excentriques et cames calées sur un arbre, parallèle aux cylindres en communication avec le régulateur. La transmission du mouvement des excentriques aux leviers des soupapes est produite par un effort parallèle aux surfaces de pression, ce qui réduit l'usure et conserve la rectitude des surfaces flottantes. Les soupapes fonctionnent très vivement et restent ouvertes un temps relativement considérable; elles sont placées de manière à pouvoir être surveillées facilement.

La détente varie de 0^{m} à $0^{m},95$ % de la course.

Dimensions principales de la machine :

Diamètre du petit cylindre	0^{m},200
Diamètre du grand cylindre	0 ,400
Course des pistons	0 ,600
Diamètre de la pompe à air	0 ,175
Course de la pompe à air	0 ,350
Pression de la vapeur effective	7^{k}
Nombre de tours	70
Force en chevaux	60

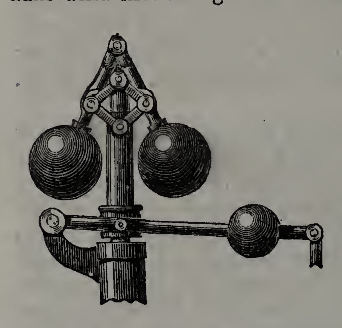
D'après les constructeurs, cette machine serait construite pour produire un travail de 60 chevaux. Nous l'admettons en supposant que la désignation se rapporte à sa force réelle et non à sa force nominale.

M. Hermann-Lachapelle, à Paris. (Pl. VII, fig. 3). — Machine horizontale Compound à condensation. Cette machine de la force nominale de 30 chevaux offrait une remarquable simplification du système Compound et de la machine Woolf. Les deux cylindres A et B sont assemblés côte à côte dans une seule enveloppe à circulation de vapeur, et les deux pistons fonctionnent ensemble et dans le même sens. Ils sont montés sur une seule tête de piston C, glissant sur une seule glissière G circulaire à grande surface avec une seule bielle *d* et une seule manivelle M.

La distribution se fait dans une boîte à tiroir placée en contre-bas des deux

cylindres, de façon que l'eau de condensation de ces cylindres trouve son écoulement avec la vapeur d'échappement par le tiroir même. Un seul tiroir équilibré opère la distribution, admission et échappement, dans les deux cylindres, ce qui fait qu'il n'est besoin que d'un excentrique, avec sa barre et sa tige. Ce tiroir dont la pression sur la table du cylindre est compensée, se trouve disposé de manière à permettre au moyen de plaques analogues à celles employées dans la détente Farcot, de varier l'introduction dans le petit cylindre de 0^{m} à $0^{m},8$. La forme du bâti E est celle du type Corliss avec large palier et glissière cylindrique venue de fonte. Les pistons de pompe à air F et de pompe alimentaire G sont placés en prolongement des tiges de pistons à vapeur, lesquelles sont ainsi utilisées, sans qu'il soit besoin de l'intermédiaire d'aucune transmission de mouvement, balancier, bielle ou autre, pour la commande de ces deux pompes.

Le régulateur R agissant sur la détente par un petit arbre commandé au moyen d'un secteur denté est un régulateur isochrone système Andrade fort employé dans la marine. Ce régulateur isochrone (fig. 6), présente assez de stabilité et possède une grande course. Les deux bras à boules sont reliés entre eux par un losange articulé situé dans leur plan. La distance entre le sommet supérieur de ce losange et le point de rencontre sur l'axe du régulateur des axes des deux bras est égale au côté du losange et ce sommet supérieur est fixe. Le sommet inférieur est articulé sur un manchon susceptible de glisser le long de l'arbre et les deux sommets latéraux sont maintenus par deux coulisses très-courtes sur les axes des bras. Le manchon ci-dessus présente un rebord sur lequel un levier chargé d'un poids mobile s'appuie par une fourchette ou anneau, et c'est ce levier qui commande l'appareil modérateur du mouvement de la machine.


Fig. 6. — Régulateur Andrade.

M. Andrade a cherché à établir un régulateur dans lequel : 1° l'écart des vitesses limite l'équilibre, correspondant aux deux extrémités de la course du manchon, soit aussi petit qu'on le désire ; 2° la résistance qui s'oppose au mouvement du manchon lorsque l'équilibre est rompue, soit pour un déplacement donné du manchon, aussi grande qu'on le désire. Le régulateur dont nous venons de donner la disposition présente une solution simple et pratique de ce problème. En effet, un grand nombre de ces appareils fonctionnent actuellement, soit sur les machines marines, soit sur les machines fixes et notamment sur celles de M. Hermann-Lachapelle, et réalisent les promesses que la théorie avait fait espérer. . . . .

Dubuc, à Paris. — Machine Compound horizontale sans condensation. Cette machine de la force de 10 chevaux, est destinée à une élévation d'eau. Les deux cylindres Compound sont disposés de manière à pouvoir fonctionner à volonté, ensemble ou séparément, soit avec admission au petit cylindre seul, et détente dans le grand, soit avec admission de vapeur dans les deux cylindres à la fois.

Les deux cylindres sont fondus d'une seule pièce avec l'enveloppe de vapeur. Ils sont surmontés d'une boîte à soupapes qui permet d'envoyer la vapeur soit à la boîte seule de distribution du petit cylindre avec ou sans passage dans le cylindre de détente, ou bien à la fois au petit cylindre et au grand. A cet effet, le petit cylindre est pourvu de deux échappements dont l'un est permanent

pour le passage de la vapeur dans le cylindre de détente, et l'autre facultatif lorsque les deux cylindres sont rendus indépendants.

Les tiroirs de distribution sont extérieurs, et placés sur l'axe des cylindres, ils ont la forme ordinaire à coquille avec détente par simple recouvrement et sont commandés par excentriques. Une bielle articulée à l'arrière des colliers d'excentrique actionne les pompes alimentaires.

Le bâti se compose de deux parties boulonnées ensemble, l'une fondue avec les deux cylindres et leur servant de socle, l'autre comprenant les paliers de l'arbre moteur et les coulisseaux de tête de piston. Ces derniers sont cylindriques et présentent de grandes surfaces. L'arbre moteur à double coude est supporté par trois paliers et reçoit un volant à chaque extrémité.

Cette machine étant destinée à faire marcher des pompes placées dans le prolongement des cylindres, les tiges de pistons traversent les fonds de manière à pouvoir s'assembler par un simple manchon avec les pistons de pompes.

Dimensions principales :

Diamètre du petit cylindre.	0^m,230
Diamètre du grand cylindre.	0 ,360
Course des pistons	0 ,500
Entre axe des cylindres	0 ,380
Vitesse.	30 tours.
Force nominale.	10 chevaux.

Schneider et Cie, Creusot. — Machine Compound à 2 cylindres verticaux. Cette machine du type dit machine-pilon en raison de la position des cylindres, trouve son application principalement comme moteur d'atelier. Elle a l'avantage d'être établie complétement au-dessus du sol sur un simple bloc de maçonnerie.

L'arbre moteur situé à la partie inférieure présente une très-grande stabilité. Le condenseur est en contre-bas des cylindres, ce qui fait que l'eau de condensation et l'eau d'entraînement y descendent tout naturellement.

La vapeur pénètre dans le cylindre à haute pression, passe de là dans le second cylindre où se produit la détente. L'admission est réglée par des tiroirs à introduction variable.

Diamètre du cylindre d'admission.	0.320
— — de détente.	0.540
Course des pistons.	0.650
Nombre de tours de la machine	80

Construction très-soignée.

Flaud et Cohendet, à Paris. — Machine Compound verticale système Brotherhood. Cette machine se compose d'un cylindre central et d'un cylindre annulaire concentrique au premier, fonctionnant tous deux à simple effet. Le piston du cylindre central transmet son effort à l'arbre moteur au moyen d'une bielle et d'une manivelle, et le piston du cylindre annulaire transmet son mouvement au même arbre au moyen de deux bielles et de deux manivelles calées à l'opposé de celle du premier cylindre. L'ensemble est constitué par trois pièces principales en fonte : le socle inférieur, le corps du cylindre à basse pression, et le cylindre à haute pression fondu d'un seul morceau avec le couvercle du grand cylindre. Un seul tiroir, forme Corliss, distribue la vapeur aux cylindres, il est placé sur le fond même, sur lequel sont disposées les lumières d'introduction et d'échappement. Une petite soupape de détente reçoit l'impulsion du régulateur ordinaire de Brotherhood à vitesse variable. Les deux pistons se meuvent en sens contraire, de sorte que les parties mobiles se trouvent équilibrées en tous

les points; comme nous l'avons dit les cylindres étant à simple effet, l'effort sur les bielles est toujours dans une même direction, ce qui permet de marcher à de très-grandes vitesses sans aucun choc. L'arbre moteur à trois coudes est supporté par les plateaux à presse-étoupes qui ferment la caisse inférieure supportant les cylindres.

La garniture du petit piston consiste en un seul anneau faisant ressort engagé dans une gorge du piston. Le grand ressort intérieur du grand cylindre est au contraire placé dans une gorge de la paroi du cylindre central; le piston annulaire est parfaitement guidé par une partie cylindrique formant l'anneau intérieur, beaucoup plus large que la partie extérieure.

Toutes les pièces du mécanisme sont renfermées dans le socle de la machine. Le graissage des organes en mouvement se fait par la vapeur mélangée d'un peu d'huile injectée par un robinet graisseur placé sur la boîte à vapeur.

Cette machine dont les cylindres ont $0^m,25$ et $0^m,50$ produit avec une pression de 5 kil. à la vitesse de 500 tours par minute, une force de 50 chevaux. Elle n'occupe pas plus de un mètre carré de surface. C'est assez dire combien son installation est commode. MM. Flaud et Cohendet possédaient à l'Exposition plusieurs autres petites machines système Brotherhood ordinaire.

Macabies, Thiollier et Guéraud, à St-Chamond (Loire). — Machine Compound à quatre pistons (fig. 7). Cette machine se compose de deux cylindres A et B alésés à deux diamètres différents et formant chacun deux parties séparées entre elles par une cloison. Ces cylindres reçoivent chacune deux pistons C, D correspondant à chacun de ces deux diamètres et maintenus d'écartement par une tige centrale E qui traverse la cloison intermédiaire à travers une garniture lubréfiante intérieure I. Sur le plus grand piston D est articulée la bielle motrice M qui pénètre dans le grand cylindre de toute la course du piston. Les deux cylindres sont boulonnés en porte-à-faux sur le bâti T à base carrée et se relevant en équerre pour soutenir les cylindres.

La distribution se fait au moyen de deux tiroirs R ordinaires renfermés dans une boîte à vapeur et entièrement équilibrés au moyen d'une cale conique N, logée entre les deux tiroirs. La pression exercée sur cette cale, par suite de la différence des surfaces supérieure et inférieure est suffisante pour appliquer convenablement ces pièces les unes sur les autres. Les tiroirs sont manœuvrés par deux excentriques S et distribuent la vapeur dans les cylindres au moyen de quatre orifices.

Pendant que la vapeur, en pleine pression, agit sur l'un des petits pistons, celle qui vient d'agir sur l'autre petit piston se détend dans le premier grand cylindre fermé à l'échappement, où elle se rend par des conduits pratiqués dans la fonte qui se communiquent entre eux. Pendant ce temps, la vapeur détendue dans le deuxième grand cylindre trouve libre son émission par l'orifice d'échappement communiquant aux deux grands cylindres, et débouchant dans l'atmosphère ou dans un condenseur. Les deux bielles sont reliées directement au milieu de la longueur des deux pistons doubles; elles oscillent dans l'intérieur de ces deux pistons, lesquels se trouvent naturellement guidés des deux côtés de l'axe d'oscillation des bielles. Les grands pistons sont à garnitures lubréfiantes et disposées comme un presse-étoupe ordinaire. Les deux petits pistons, au contraire, sont ajustés à frottement doux et ne portent pas de garnitures. Les petites fuites de vapeur qui pourraient avoir lieu par ce piston ne peuvent en rien nuire à la bonne marche de la machine, cette vapeur venant de travailler dans le grand cylindre où s'effectue la détente. Cette disposition des pistons permet d'obtenir des joints étanches qui ne donnent lieu qu'à de faibles frottements.

Comme les bielles sont toujours soumises à un effort de compression, il n'y a pas à craindre de martelage, ni de claquement dans les coussinets des articulations, et l'on peut, sans inconvénient, les construire en fonte. Les deux manivelles sont calées d'équerre sur l'arbre de couche.

Le constructeur a adopté pour ce genre de machine le régulateur Cosinus de Buss.

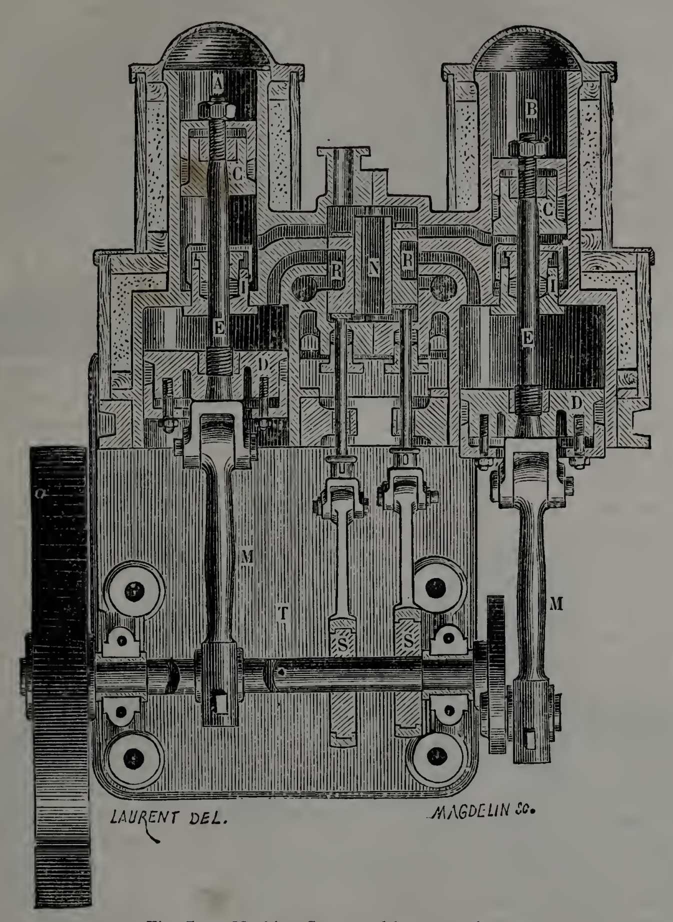


Fig. 7. — Machine Compound à quatre pistons.

Cette machine fonctionne, on le voit, comme une machine Compound, et sa disposition toute particulière permet de l'établir à peu de frais, car elle supprime un grand nombre de pièces soumises à l'usure, telles que la tige des pistons, les couvercles de cylindres avec leur presse étoupe, les glissières et les coulisseaux de tiges de piston.

La machine exposée se composait, avons-nous dit, de deux cylindres horizontaux à quatre pistons. Mais on peut la construire à un seul cylindre (fig. 8), à cylindres debout ou à cylindres renversés. Elle se prête à toutes les dispositions usitées pour les moteurs à vapeur.

En résumé, ce système nous paraît très-original, peu encombrant, et en raison de la suppression des organes délicats ordinaires dans les autres machines,

il peut fonctionner à de très-grandes vitesses, jusqu'à 300 tours. Il convient donc spécialement à la petite industrie.

Une qualité essentielle des machines à vapeur employées dans la navigation est certainement d'occuper peu d'espace. M. Macabies a cherché à disposer sa machine dans ce but et est parvenu à résoudre la question, en étudiant sa machine avec un autre mode d'agencement. Il suffit de jeter un coup d'œil sur la figure 9, pour se rendre compte du peu d'espace qu'occupe cette machine qui permet à la bielle motrice de venir se loger presque tout entière dans les cylindres moteurs.

Cette disposition comporte également deux cylindres à deux diamètres différents. La vapeur y est distribuée comme pour les machines précédentes au moyen des deux tiroirs logés dans une même boîte, lesquels glissent sur deux glaces à quatre orifices. L'arbre à double manivelle, au lieu de porter des poulies, actionnerait l'arbre des roues à aubes ou de l'hélice dans une machine de navigation.

Walck-Virey, de St-Dié (Vosges). — Machine horizontale Compound système Vallet. C'est une petite machine à fourreau d'une grande simplicité, peu encombrante, d'une installation très-facile. Elle se compose d'un cylindre unique et d'un coffre formant bâti sur laquelle le cylindre est boulonné et dont l'intérieur renferme l'arbre moteur, la bielle et l'excentrique. Dans le cylindre unique muni d'une enveloppe de vapeur se meut un piston qui se prolonge pour lui servir de tige par un fourreau d'un diamètre plus faible (diamètre du cylindre 200 m/m; diamètre du fourreau 174 m/m). Autour du fourreau, il règne naturellement par suite de la différence de diamètre, un espace vide annulaire. C'est le cylindre à haute pression des machines Woolf ou Compound. La vapeur est introduite à pleine pression sur la surface annulaire du piston, pendant toute sa course, elle passe ensuite par le jeu du tiroir sur la face externe où elle se détend et elle est expulsée finalement à l'air libre ou dans un condenseur.

Le fourreau du piston se prolonge dans le couvercle qui sert de glissière. Le piston et son fourreau portent chacun une garniture de trois segments. La bielle s'articule directement sur la tige qui traverse ce fourreau dans toute sa longueur. La boîte à vapeur est placée latéralement au cylindre et il n'y a qu'un tiroir de distribution. Chaque côté du piston, surface annulaire ou surface externe ne travaille qu'à simple effet. C'est une machine à fourreau transformée en machine Compound très-simplifiée, mais ne présentant pas les avantages de ce dernier système, puisqu'il n'y a ni récipient intermédiaire pour le réchauffage de la vapeur, ni détente variable. La boîte dans laquelle sont renfermés l'arbre coudé et les organes de transmission est remplie d'eau de savon qui assure la lubrification d'une manière simple, il est vrai, mais à notre avis un peu trop primitive.

Pression de la vapeur, 6 kil.; nombre de tours, 150; diamètre des cylindres, 174 et 200 m/m; course 250 m/m; force en chevaux, 6.

Galloway et Sons, Manchester. — Machine à condensation à deux cylindres accouplés système Compound. Cette machine était une des plus fortes de l'Exposition, elle commandait la transmission de la section anglaise par un arbre intermédiaire souterrain. C'est un moteur à condensation à détente variable par le régulateur avec système de distribution genre Corliss. Les deux cylindres dans lesquels s'opèrent les détentes successives de la vapeur sont placés côte à côte; les pistons se trouvent au même moment presque à l'opposé l'un de l'autre, ce qui permet à la vapeur d'agir dans le petit cylindre avec détente variable par le régulateur pour venir ensuite agir sur le grand piston, mais il

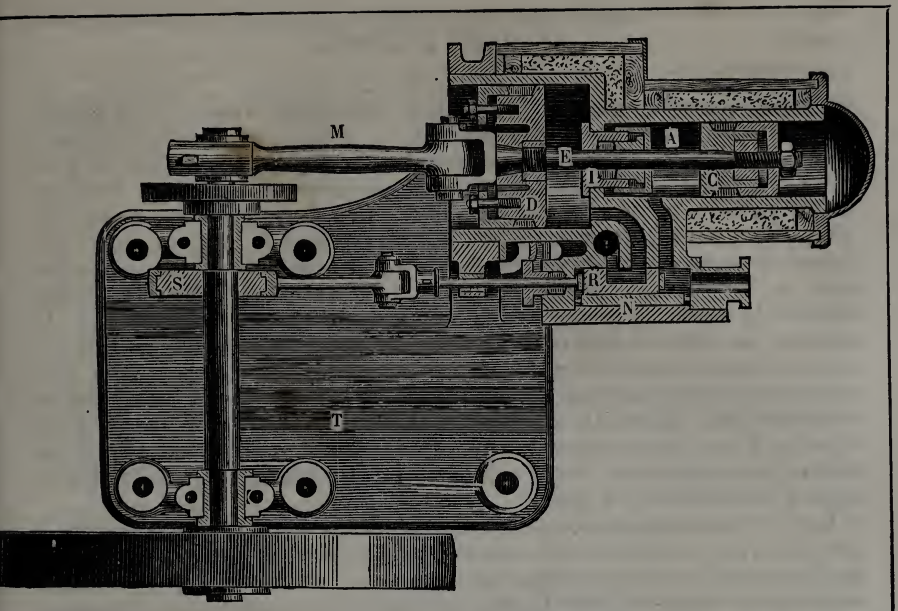


Fig. 8. — Machine Macabies à un seul cylindre.

Fig. 9. — Machine Macabies (autre disposition).

n'y a pas dans cette machine de véritable réservoir intermédiaire de vapeur. Le mécanisme de distribution se compose de six tiroirs, et les orifices d'admission sont pratiqués sur le petit cylindre à chacune de ses extrémités afin de diminuer autant que possible les espaces nuisibles; un petit tiroir ouvre et ferme l'admission sur chaque face du piston. L'ouverture de la lumière d'admission est réglée par un mécanisme qui repousse la tige du tiroir vers le fond de sa boîte par l'effet du rabattement d'une sorte de verrou en relation avec le régulateur. Lorsque le piston à vapeur a parcouru un certain chemin, le verrou se trouve soulevé par un système de leviers articulés. Le moment où l'effet se produit dépend de la position du régulateur. La tige ne subissant plus de poussée revient brusquement sur elle-même en raison de la pression de la vapeur s'exerçant sur cette tige et l'orifice d'admission se trouve complétement refermé. Ce mouvement brusque est limité sans chocs par des coussins d'air réglés à volonté au moyen de petits robinets. La détente est réglée par un régulateur Porter à grande vitesse commandé par engrenages et muni d'un modérateur à huile.

Quant à l'échappement du petit cylindre, il correspond à l'admission dans le grand et s'opère à l'aide de deux orifices distincts de ceux d'admission et placés de l'autre côté du petit cylindre correspondant à deux orifices placés à chaque extrémité du grand cylindre. Un tiroir manœuvre sur chaque orifice d'échappement du petit cylindre et en même temps sur l'orifice d'admission du grand. On a donné aux tiroirs du côté du grand cylindre un certain recouvrement de façon à permettre une certaine détente dans ce dernier afin d'annuler la chute de pression due au volume des conduits intermédiaires qui joueraient sans cela le rôle d'espace nuisible. A l'opposé des tiroirs d'admission du grand cylindre fonctionnent enfin deux tiroirs d'échappement laissant la vapeur s'échapper au condenseur. Tous les tiroirs sont plats et présentent une surface aussi petite que possible réduisant le frottement au minimum. Les tiroirs intermédiaires et le tiroir principal d'échappement sont actionnés par des excentriques tout à fait indépendants de celui qui commande les tiroirs d'admission.

La bielle du petit piston agit sur un plateau-manivelle et celle du grand piston sur le coude de l'arbre. Le volant-poulie était à lui seul une pièce remarquable. Il avait $5^m,50$ de diamètre, $0^m,960$ de largeur et 15 millimètres seulement d'épaisseur moyenne de jante avec bras droits et parallèles. Son poids était de 14 tonnes. La pompe à air est disposée dans le prolongement du grand cylindre.

Le bâti à glissières plates, très-robuste, rappelle par sa forme l'ancien bâti ordinaire sur lequel les cylindres reposent dans toute leur longueur; l'arbre moteur est supporté par deux paliers disposés de façon à permettre de rattraper le jeu des coussinets. Les cylindres sont dépourvus d'enveloppes de vapeur et ne sont garantis contre les refroidissements extérieurs que par une chemise en bois. Dimensions principales de la machine : diamètre du petit cylindre $0^m,508$, diamètre du grand $0^m,863$, course $0^m,914$, nombre de tours 68; travail mesuré sur les pistons 280 chevaux. Consommation : $0^k,900$ de charbon par cheval et par heure.

En résumé, cette machine très-solidement construite présentait un aspect élégant, une marche douce et régulière et une exécution excellente.

MM. Sulzer frères, à Winterthur (Suisse) (pl. III, fig. 1 et 2). — Machine horizontale à condensation système Compound de 120 chevaux; elle faisait fonctionner la section suisse.

La première machine du type Sulzer figurait à l'Exposition de 1867. MM. Sulzer en avaient exposé une très-remarquable à Vienne. Celle qui fonctionnait au

Champ-de-Mars se recommande surtout par une disposition de distribution entièrement nouvelle. Elle diffère encore des précédentes par l'application du cylindre Compound.

Le cylindre à haute pression a 300 $^m/_m$ de diamètre, le grand cylindre 600 $^m/_m$. Course commune 900 $^m/_m$. Vitesse normale de marche 70 tours. Force nominale 120 chevaux avec une pression de 6 atmosphères.

Les cylindres, munis tous deux d'une enveloppe de vapeur, sont placés l'un derrière l'autre et reposent chacun sur un socle distinct fixé par quatre boulons au massif de fondation. Ils sont reliés ensemble par une forte pièce cylindrique munie d'un couvercle démontable qui permet de visiter les deux presse-étoupes placés à l'intérieur. La tige du piston se prolonge à l'arrière et se termine par une sorte de coulisseau qui se meut dans une glissière faisant suite au plateau de cylindre. Le coulisseau dont la forme affecte celle d'une tête de piston porte deux tourillons sur lesquels s'articulent deux petites bielles commandant un levier vertical. Ce levier en forme de T renversé transmet le mouvement d'un côté à la pompe alimentaire et de l'autre à la pompe à air à double effet placée verticalement au-dessous du sol. Quant au condenseur, c'est un simple tuyau relié au cylindre à basse pression par le conduit d'échappement, et boulonné de l'autre extrémité à l'avant de la pompe à air.

Nous ajouterons en ce qui concerne les cylindres à vapeur que les joints des plateaux sont faits par rôdage, c'est-à-dire sans mastic. La vapeur admise directement dans le plateau creux du petit cylindre passe par les soupapes d'admission dans le cylindre, s'échappe ensuite et se rend par un tuyau au cylindre de détente.

Chaque cylindre a quatre soupapes, deux pour l'admission placés en-dessus et deux pour l'échappement tout à fait à l'opposé. Ces soupapes à double siége sont équilibrées et maintenues sur leur siége par des ressorts à boudin, la pression de la vapeur n'opposant ainsi aucune résistance lorsqu'elles se soulèvent un moment de l'introduction.

Le mouvement de distribution diffère notablement de celui des anciennes machines, auxquelles le constructeur a jusqu'à ces derniers temps apporté des perfectionnements. Les soupapes sont manœuvrées par des excentriques calés sur un arbre horizontal parallèle à la machine et qui reçoit son mouvement de l'arbre moteur au moyen d'un engrenage d'angle. Les excentriques au nombre de quatre portent chacun deux boutons sur lesquels sont montés deux petites bielles, une pour commander la soupape d'admission et l'autre pour la soupape d'échappement. La bielle d'excentrique est supportée par un tourillon g sur le levier d. Lorsque l'excentrique tourne, l'extrémité du bras e décrit une courbe particulière tandis que le point g se meut sur un arc de cercle. Le bouton g reçoit la bielle f réunie à son extrémité supérieure au levier h. Derrière celui-ci se trouve un autre levier j qui se prolonge de l'autre côté de son point d'oscillation jusqu'à la tige de la soupape d'admission qu'il élève ou abaisse.

La liaison s'effectue entre les deux leviers h et j par un cliquet bb'. Lorsque par la rotation de l'excentrique le mouvement de la bielle f produit le déclanchement du taquet h sur le levier j, la soupape se referme brusquement, mais la position du taquet bb' est réglée par la bielle i et l'équerre k monté, à l'extrémité e de la bielle d'excentrique a. Cet équerre est lui-même relié à un second équerre mobile sur l'axe y et dont le bras horizontal reçoit l'influence du régulateur. La course de la valve et par conséquent le degré de la détente se trouve réglé par la position du double équerre xk, autrement dit par le régulateur. Cette disposition du mouvement de détente quoique peut-être un peu compliquée fonctionne très-régulièrement.

On peut pousser la détente jusqu'à 16 fois le volume primitif, tandis que dans

les mêmes machines à un seul cylindre elle ne peut dépasser 7 à 8 fois ce volume. Le régulateur du système Porter est commandé par engrenage. C'est le volant qui sert de poulie de transmission, il porte 6 gorges destinées à recevoir des cordes en chanvre pouvant transmettre chacune environ 20 chevaux de force.

Alexander Hermanos, de Barcelone. — Cette machine à deux cylindres placés dans le prolongement l'un de l'autre présentait une certaine originalité consistant dans l'adoption d'une sorte de parallélogramme d'Évans qui permettait l'attaque directe de la manivelle par la tige de piston, en supprimant la glissière. Le défaut de renseignements nous empêche d'en parler plus longuement.

Bolinder, de Stockholm. — Machine Compound à condensation. Cette machine de la force de 30 chevaux est à détente variable à la main dans le petit cylindre et dans le grand, comme la machine Claparède.

Une autre machine Compound de 12 chevaux était également exposée dans la section suédoise par la *Société des usines de Gothembourg.*

Disons de suite pour ne plus revenir en Suède que la *Compagnie des fonderies et usines de Landskrowna* avait exposé une machine à vapeur verticale sans condensation de la force de 8 chevaux, à détente variable; tiroir équilibré système Meyer; soupape et détente réglée par un régulateur; diamètre du cylindre 200 $^m/_m$.

Machines Woolf à balancier. — *Powell et Cie, à Rouen* (pl. VIII, fig. 1). — Machine de Woolf à condensation et à détente variable par le régulateur système Correy. La machine du type Woolf à balancier se construit à Rouen depuis 1833 époque à laquelle M. Lawday fonda dans cette ville le premier atelier sérieux de construction de machines à vapeur, et c'est ce système qui a le plus spécialement contribué à la réputation des constructeurs rouennais, réputation qui s'est maintenue jusqu'à ce jour, et que l'Exposition de 1878 n'a pu qu'affirmer de nouveau comme en 1867 par les belles machines de MM. Powell, de MM. Windsor et de MM. Boudier frères.

La disposition générale des machines à balancier est restée naturellement ce qu'elle était anciennement. Mais c'est dans les détails, dans le mode de distribution et de détente qu'elles se sont modifiées de façon à participer aussi également aux progrès qui se sont accomplis dans la construction des autres types de moteurs à vapeur.

Jusque dans ces dernières années, les tiroirs employés étaient normaux avec une légère avance à l'admission et sans aucune compression à la fin de la course. La commande des tiroirs se faisait par un excentrique triangulaire, et la vitesse était réglée au moyen d'un régulateur quelconque agissant sur un papillon placé sur le robinet de mise en train. Plus tard le robinet fut remplacé par une valve, et le papillon placé au-dessus. L'admission dans le petit cylindre avait lieu pendant toute la durée de la course tandis que le volume du grand cylindre était 4 à 6 fois celui du petit.

En 1866, M. Thomas Powell neveu modifia d'une façon complète la distribution de la vapeur et le réglage des tiroirs, de façon à n'admettre la vapeur dans le petit cylindre que pendant une partie de la course pour avoir plus de détente, à annihiler en partie les pertes dues aux espaces nuisibles par l'emploi de la compression à fin de course et à augmenter la vitesse tout en conservant les mêmes dimensions de cylindres. L'admission au petit cylindre était réglée par un simple tiroir à recouvrement. Les premières machines de ce système figuraient à l'Exposition de 1867.

Cependant malgré les excellents résultats obtenus avec ces machines, MM. Powell

cherchaient à obtenir une plus grande régularité de vitesse sous toutes les charges, à réduire au besoin l'admission à moins de cinq dixièmes de la course, c'est-à-dire à rendre la consommation plus économique. Ils furent ainsi amenés à appliquer une détente variable par le régulateur pour l'admission de la vapeur au petit cylindre, et c'est le système à déclic inventé par leur ingénieur M. Correy qu'ils ont adopté en 1875. Le papillon est supprimé, l'admission de la vapeur au cylindre pendant la période d'introduction se fait à pleine pression sans étranglement.

C'est également ce système que nous allons trouver appliqué sur la belle machine de 100 chevaux exposée au Champ-de-Mars et qui actionnait l'une des transmissions de la section X, classes 56 et 57. Cette machine est une véritable Compound à balancier dont les cylindres A et B sont placés comme à l'ordinaire côte-à-côte. Le balancier C repose sur une colonne unique D au lieu d'être supporté par un entablement et plusieurs colonnes isolées. La disposition ordinaire des boîtes à vapeur est conservée, la vapeur arrive directement des chaudières à l'enveloppe entourant les cylindres et passe de là par une valve de mise en train à la boîte à vapeur du petit cylindre. Le mouvement est donné aux tiroirs par un excentrique triangulaire dont la forme a été adoptée afin de laisser les orifices d'admission et d'échappement plus longtemps découverts, le tiroir s'arrêtant un certain temps à chaque extrémité de sa course.

Le but de l'appareil de détente (pl. VI, fig. 3 et 4) est de faire cesser l'admission de vapeur à une période quelconque de la course du petit piston, depuis 0 la fermeture complète, jusqu'à 0,9 de la course. Le petit tiroir A de forme plane, présente deux faces parallèles dressées; celle intérieure, qui frotte sur la glace du cylindre est disposée comme celle d'un tiroir ordinaire. Le réglage peut se faire pour permettre une admission de 6 à 9/10 de la course du petit piston, suivant la charge maximum sous laquelle la machine doit fonctionner. La face extérieure présente deux orifices rectangulaires, dont les dimensions correspondent à la section d'orifice découverte par les bords de la face intérieure.

Deux palettes B, B sont maintenues appuyées sur la face extérieure du tiroir par la pression de la vapeur et peuvent en fermer complétement les deux orifices, de manière à intercepter toute communication entre la vapeur de la boîte et le cylindre. Elles sont fixées à deux tiges C, C, qui sortent de la boîte à vapeur par les presse-étoupes doubles D, D, afin d'éviter toute perte de vapeur condensée le long de ces tiges. Le diamètre des tiges est calculé pour que la pression de la vapeur qui s'exerce sur leur extrémité supérieure, augmentée du poids des pièces, soit plus élevée que l'effort provenant de la résistanee due au serrage des garnitures de chanvre dans les presse-étoupes et du frottement des palettes sur les faces du tiroir. Cette disposition, qui fait retomber les tiges et leurs palettes dès qu'elles se sont rendues indépendantes du mouvement qui les élève, évite l'emploi des ressorts ou contre-poids usités pour remplir le même office. Chaque tige porte au-dessous des presse-étoupes, un renflement formant piston dans un petit cylindre à air E, E. L'échappement de l'air sous les pistons se règle, à volonté, au moyen de petites soupapes dont la tige est filetée, et lorsque les tiges des palettes retombent brusquement, l'air se comprime sous leur extrémité de manière à supprimer complétement le choc.

Le mouvement est donné à chacune des tiges C, C par deux excentriques circulaires F, F, calés sur l'arbre de distribution. Les excentriques sont articulés à deux tiges cylindriques G, G, qui passent dans un guide fixé sur la colonne, elles se meuvent à frottement doux dans deux pièces en fer H, H qui portent le déclic et qui sont clavetées à l'extrémité inférieure des tiges des palettes.

La partie supérieure des tiges G, G n'est pas cylindrique ; sur une certaine longueur elle est faite sur le tour en déplaçant l'axe du cylindre parallèlement à

lui-même et forme un épaulement ayant la forme d'un croissant. Cette partie des tiges est en acier trempé. Une autre pièce en acier trempé, s'engage dans l'ouverture carrée des pièces H,H, et peut se déplacer horizontalement d'une quantité égale à l'épaulement I, quand le levier coudé et articulé K lui communique son mouvement.

La pièce en acier I a une ouverture intérieure, dont la forme circulaire vient s'appliquer exactement sur une demie circonférence de la surface latérale de la tige qui la traverse et elle est maintenue appuyée contre cette tige par un petit ressort à boudin. Quand l'un des excentriques est à sa fin de course inférieure, la tige qu'il commande, et qui porte une palette, repose sur la rondelle en caoutchouc qui garnit le fond du cylindre à air ; la palette ferme complétement l'orifice et l'épaulement J de la tige G est descendu de quelques millimètres au-dessous du verrou I. Ce jeu de 3 à 4 millimètres est destiné à permettre au verrou de se bien placer sur l'épaulement de la tige. Le ressort à boudin applique le verrou sur la partie excentrée de la tige.

Si l'on commence le mouvement, l'excentrique poussera d'abord l'épaulement de la tige contre le verrou, et aussitôt la palette obéira et en s'élevant découvrira l'orifice. Le levier coudé et articulé *k* s'élève avec tout le système, il porte une petite pièce en acier, terminée en forme de couteau, filetée dans la partie cylindrique inférieure et maintenue par deux écrous qui en permettent le réglage. A un moment quelconque de la course du petit piston, le couteau viendra rencontrer une des pièces en forme de came *o*; l'excentrique continuant son mouvement, l'extrémité inférieure du levier décrira un petit arc de cercle autour de son articulation, jusqu'à ce que le verrou *i* sorte de l'épaulement de la tige en comprimant le petit ressort à boudin. La palette et sa tige sont alors indépendantes, la pression de la vapeur les fera retomber brusquement et la palette fermera l'orifice. Les pièces en fonte sont calées sur un petit arbre faisant mouvoir un système de leviers qui le relient au manchon mobile du régulateur.

La forme à donner à ces pièces est déterminée par l'épure de réglementation. L'effort de butée des couteaux sur les cames est très-faible, puisqu'il n'a d'autre office que de faire sortir le verrou de son épaulement. Quoi qu'il en soit d'ailleurs, cet effort à toutes les positions des cames n'a qu'une composante verticale qui passe par le centre de l'arbre à cames, de sorte qu'il ne peut avoir aucune influence sur le mouvement du régulateur. Celui ci, n'ayant plus alors aucune résistance à vaincre, devient d'une sensibilité extrême ; la plus petite variation de vitesse se traduit par des oscillations immédiates trop considérables et trop rapides des bras du pendule. Pour obvier à cet excès de sensibilité on a dû ajouter une résistance très-faible et constante, au moyen d'un petit piston, suspendu à la triangle du manchon mobile et fonctionnant avec jeu dans un cylindre rempli d'huile. Les petites tringles *g*,*g* ont pour but de forcer les palettes et leurs tiges à descendre en suivant le mouvement des excentriques, quand, à l'arrêt de la machine, la vapeur n'est plus dans la boîte pour les faire retomber.

On peut très-facilement remédier à l'usure des tiges épaulées qui forment le déclic ; il suffit pour cela d'en détremper l'extrémité, de les mettre sur le tour dans les centres qui sont restés, et de rafraichir les parties usées en retirant un ou deux millimètres sur l'épaulement, afin d'obtenir à nouveau une surface droite. On retrempe ensuite la pièce et on la remet en place, en ayant soin de rallonger, de la partie coupée, la barre d'excentrique au moyen des écrous qui la fixent au collier. Les pièces sont alors dans leur état primitif et l'opération peut se renouveler souvent avant que la tige ne devienne trop courte.

Quant à la transmission du mouvement du régulateur, à la disposition de la

pompe à air P et du condenseur, l'inspection de la figure suffit pour s'en rendre compte. La manivelle M est en fer et la bielle L en fonte.

Diamètre du petit cylindre	0m,355
— du grand —	0m,685
Course du petit piston	1m,131
— du grand —	1m,524
Nombre de tours par minute	32
Longueur d'axe en axe du balancier	5m,250

Cette machine peut produire 120 chevaux avec admission de 0,6 au petit cylindre et une pression de vapeur de 5 kil.

Elle est d'uu aspect très-élégant et d'une exécution parfaite. C'était l'une des plus belles et des plus imposantes de l'Exposition.

Windsor et fils, de Rouen. — Machine à balancier, système Woolf à condensation.

Cette machine d'une force nominale de 100 chevaux peut développer une puissance de 350 chevaux, indiquée sur les pistons.

Elle est surmontée d'une plate-forme et d'une galerie servant d'entourage au balancier, le tout supporté par dix colonnes en fonte dont quatre au centre à l'endroit des paliers de l'axe du balancier. Ce dernier qui a 7m,50 de long pèse 10 tonnes. Le volant de 7m,620 de diamètre pèse 15 tonnes. L'arbre sur lequel il est monté et la manivelle de 1m,200 de longueur sont en fer, tandis que la bielle est en fonte.

Les deux cylindres à enveloppe de vapeur sont revêtus d'une seconde enveloppe en bois cerclée de cuivre. Entre les quatre colonnes centrales est placé le régulateur Porter commandé par engrenage et qui transmet son action au mouvement de distribution chargé de régler la détente dans le petit cylindre sans le secours d'aucun tiroir. Ce système de détente (pl. V, fig. 5) dit système Hall et Windsor est une des particularités les plus intéressantes de la machine.

Il se compose d'un petit cylindre en cuivre A entouré d'une enveloppe laissant un espace annulaire libre entre elle et le corps du cylindre. B est l'orifice qui fait communiquer la partie supérieure du cylindre avec l'espace annulaire, C le tuyau mettant en communication cet espace avec le condenseur, D le tuyau conduisant au réservoir. Un piston E sans garniture peut se mouvoir dans le cylindre A, il est maintenu par une tige creuse percée de quatre orifices rectangulaires, égaux et symétriques correspondant aux lumières d'un tiroir circulaire *g* porté par une tringle qui traverse la tige du piston.

Un guide H placé à la partie supérieure de l'appareil et relié à la traverse K permet un mouvement vertical de la douille I qui est percé de deux rainures en hélice et à laquelle est fixée par une goupille la tringle du tiroir circulaire. Une autre tringle F qui porte la douille I est articulée avec le levier du manchon du pendule. La traverse K fixée à la tige creuse du piston se relie au collier inférieur L au moyen d'une bielle verticale, lequel collier en bronze est fixé sur la came M, à laquelle il communique tous les mouvements du piston E. La came M, clavetée sur un arbre vertical N qui reçoit le mouvement de l'arbre de commande des tiroirs et pouvant s'élever ou s'abaisser, règle au moyen de la touche O et par l'intermédiaire du levier P et de la tringle Q le mouvement du tiroir de détente.

La vapeur admise dans l'enveloppe passe dans la boîte à tiroir. Le tiroir de détente de forme circulaire reste en contact avec la surface intérieure de la boîte par la pression de la vapeur. Son mouvement est réglé par la bielle attachée au levier P qui maintient la touche O en contact avec la came

à bosse qui fait décrire au levier P un arc de cercle dont la longueur varie avec le développement de la bosse en contact avec la touche. La came est actionnée par l'arbre de la distribution et son mouvement rectiligne est déterminé par le mouvement du piston E qui se trouve relié avec elle par la douille L, les petites bielles de connexion verticales et la crosse K.

Voici maintenant comment fonctionne l'appareil : Le piston représente, avec sa tige, la traverse K, les bielles, le collier L et la came, un ensemble d'un certain poids, qui tend à s'abaisser en entraînant un changement de position de la came par rapport à la touche O; mais l'espace annulaire qui entoure le cylindre A étant en communication avec le condenseur, il s'établit une certaine dépression dans cette couronne; d'autre part la pression ambiante s'établissant sous le piston E par l'orifice D qui le met en communication avec le réservoir d'écoulement du condenseur, on voit que le cylindre communique à sa partie supérieure avec la dépression du condenseur, par l'orifice B, tandis qu'il est soumis à sa partie inférieure à l'influence de la pression sous le piston, par les orifices variables E qui le traversent.

Pour que l'équilibre existe, il faut que la pression au-dessus du piston soit égale à la différence entre la pression au-dessous du piston et le poids du système mobile; on obtient cet équilibre en réglant convenablement la section des orifices E, et il se produit un écoulement constant du fluide dans tout l'appareil, de telle sorte que le piston ne fait aucun mouvement tant que les orifices E ne sont pas modifiés.

Si la vitesse de la machine varie, le pendule modifie sa forme et le mouvement du manchon se transmet par la tringle F à la douille I, celle-ci prend un mouvement vertical qui devient circulaire pour la tige G du tiroir circulaire, par l'action des rainures en hélice ; il est évident alors que la rotation du tiroir modifiant instantanément le rapport des sections des orifices E à celle de l'orifice supérieur B, la pression est de suite modifiée dans le haut du cylindre, et qu'il y a rupture d'équilibre de tout le système, par conséquent mouvement vertical du piston et de la came. D'après la théorie de cet appareil, on trouve que le régulateur est capable de modifier la valeur de la détente pour une variation de moins d'un millième de la vitesse de la machine à vapeur.

Quant au condenseur et à la pompe à air, ils sont placés à côté des cylindres et sous la plaque de fondation. La pompe à air ainsi que la pompe alimentaire sont actionnées directement par le balancier.

Consommation en combustible 1 kil. par cheval et par heure, relevée aux établissements d'élévation d'eau de Nantes, Angers, Reims, etc.

Cette machine parfaitement étudiée ne laissait rien à désirer sous le rapport de l'exécution.

Boyer, de Lille. — Machine à balancier à condensation et à détente variable par le régulateur. Elle actionnait avec la machine horizontale du même constructeur, la transmission de la section IV.

C'est une machine verticale, dont les deux cylindres renfermés dans une enveloppe commune, reposent sur un piédestal disposé de manière à permettre la visite commode des principaux organes de mouvement. Le balancier est supporté par un élégant entablement servant de couronnement à quatre colonnes, solidement fixées à la base sur la plaque de fondation. L'entablement est rattaché à l'ensemble desdits cylindres par un cadre dont l'extrémité porte sur un fort étai boulonné à la partie supérieure des cylindres. Ce cadre entoure le mouvement du parallélogramme; tandis que le régulateur à bras croisés s'élève entre les colonnes et règle au moyen d'un déclic la détente de la distribution de vapeur. Ce déclic est commandé par des excentriques établis

sur l'arbre des tiroirs de distribution, lesquels sont actionnés eux-mêmes par une came triangulaire qui assure à la vapeur une introduction prompte et sans perte de pression.

On arrive à la partie supérieure des cylindres et jusqu'aux mouvements par un escalier circulaire à double volée.

La pompe à air se trouve placée entre les cylindres et les colonnes-supports de l'axe du balancier. Sa tige de commande prend naturellement son mouvement sur le parallélogramme. L'arbre, la manivelle, les tourillons, les tiges de piston sont en acier, la bielle motrice est en fonte.

La tige verticale du régulateur reçoit son mouvement de l'arbre moteur par 'intermédiaire d'un arbre horizontal et de deux paires de roues d'angles.

Diamètre du petit cylindre.	$0^{m},300$
— du grand —	$0^{m},500$
Course du petit piston.	$0^{m},960$
— du grand —	$1^{m},300$
Longueur de la bielle.	$4^{m},000$
— du balancier.	$4^{m},550$
Diamètre du volant.	$5^{m},500$

Consommation de vapeur : 9 kil. par cheval et par heure avec une détente égale à 7 fois le volume de l'admission. Machine d'un bon aspect et soigneusement exécutée.

Le volant portait sur sa jante six rainures en forme de V pour recevoir six câbles en chanvre.

M. Boyer est un des premiers constructeurs qui ont introduit en France le système de transmissions par câbles en chanvre. L'idée première de cette application paraît devoir être attribuée à M. J. Combes, de Belfast. Elle a été conçue en vue d'éviter l'emploi des courroies quand il s'agit de transmettre des forces considérables prises directement sur le moteur. Dans ces conditions les cuirs doivent être très-larges et il est alors assez difficile, en pratique, d'obtenir une tension suffisante pour éviter tout glissement.

La disposition la plus généralement adoptée consiste à appliquer les câbles sur le volant de la machine à vapeur, dont la jante présente une série de gorges parallèles dans lesquelles passent les câbles ; le nombre et les dimensions de ces gorges varient suivant l'importance des forces à transmettre et du diamètre adopté en forme de V, les côtés sont taillés sur un angle de 40 degrés. Si l'angle formé par les côtés des gorges est trop obtus, les câbles glissent ; si au contraire, il est trop aigu il en résulte un coincement considérable. Les câbles ne doivent pas porter dans le fond des gorges, mais seulement sur les côtés.

Les câbles employés sont faits avec du chanvre de première qualité, à longs brins, ils doivent être bien tordus, quoique mous et élastiques ; les dimensions adoptées jusqu'ici varient entre $0^{m},035$ et $0^{m},060$ de diamètre suivant les forces à transmettre ; les épissures doivent être faites avec le plus grand soin sur une grande longueur, de manière que le diamètre des parties fonctionnées ne soit pas sensiblement supérieur à celui du reste du câble (environ 3 mètres pour 1 diamètre de 50 à 55 millimètres). La durée moyenne des câbles serait de 3 à 5 ans.

Il importe d'obtenir une juste proportion entre le diamètre du câble et celui de la poulie, car quand le diamètre de celle-ci est trop petit, le câble, en se courbant continuellement sur elle, sonmettra les fibres extérieures à un effort considérable et l'intérieur du câble ne tardera pas à s'user. On admet que les poulies ne doivent jamais avoir un diamètre inférieur à trente fois celui des câbles.

Quand à la distance qu'il convient de mettre entre l'axe du volant et celui de la poulie menée, une grande latitude est permise; il résulte des installations qui ont été faites que toutes les distances entre 6 et 18 mètres donneront en pratique de bons résultats. L'effort auquel les câbles devront être soumis ne doit jamais être assez considérable pour les amener, même à courte distance, à se rapprocher de la ligne droite; s'il en était ainsi l'usure serait rapide et les ruptures fréquentes.

Il est avantageux, quand c'est possible, de mettre le brin conducteur en dessous, de manière que le brin supérieur, qui est alors moins tendu, entoure la poulie et le volant sur une plus grande longueur, et augmente ainsi la surface d'adhérence. Il ne faut pas soumettre les câbles à un effort trop considérable, il est préférable d'en mettre plusieurs pour actionner chaque poulie, de manière que si un câble vient à se rompre, on puisse enlever la charge avec les câbles restant, sans arrêter la machine pour le remplacement.

Le principal avantage des courroies provient de ce qu'à largeur égale de jante la force transmise est sensiblement supérieure; on comprend, en effet, que des câbles en chanvre serrés par les côtés des gorges coniques dans lesquelles ils passent aient une puissance d'adhérence sensiblement plus considérable que ne peut l'avoir une courroie embrassant la surface plate ou légèrement bombée d'une poulie ordinaire. Si l'établissement des commandes par câbles est plus coûteuse, en revanche les frais d'entretien sont très-minimes.

Les câbles peuvent aussi remplacer avantageusement les engrenages dans certains cas, lorsque les centres de transmissions sont assez éloignés, en annihilant les chocs qui proviennent soit du travail intérieur de l'usine, soit des machines motrices, et en diminuant par conséquent les chances de rupture. Mais il ne faut pas exagérer cet avantage en disposant un trop grand nombre de câbles sur un volant d'une largeur démesurée. (Les renseignements qui précèdent sont extraits de la note présentée par M. Powell en 1877 à la Société industrielle de Rouen).

Société Cockerill, de Seraing. — Machine d'épuisement à balancier.

C'est une machine à balancier avec volants dont les pompes, du système Rittinger, sont à double effet et à piston plongeur. Les soupapes d'aspiration et de refoulement se trouvent établies suivant une même verticale, et le courant ascendant n'étant tourmenté en aucun point, c'est ce qui a permis d'atteindre une vitesse de piston de $0^m,90$ par seconde, correspondant à 18 révolutions par minute. Le piston à vapeur qui a une course de $2^m,50$ actionne le grand bras du balancier, tandis que la tige des pompes attelée à l'extrémité du petit bras n'a qu'une course de $1^m,50$.

Le constructeur a reproduit dans ce type de machine la disposition de bielles qu'il a adoptée dans ses souffleries c'est-à-dire les bielles en retour actionnant les boutons de manivelle des deux volants qui sont calés en porte-à-faux aux extrémités de l'arbre, lequel passe sous le cylindre à vapeur. Cette combinaison des organes principaux transmet directement aux volants les variations d'efforts qui résultent de l'emploi d'une détente au cinquième sans fatiguer ni le balancier, ni les fondations et sans infliger à l'arbre aucun effort de torsion. Les réactions se neutralisent et se détruisent dans le soubassement du cylindre formant bâti.

La distribution de vapeur a lieu au moyen de quatre soupapes, deux d'admission, deux d'échappement actionnées par des cames. Ce système permet d'obtenir la réglementation qui convient le mieux à une allure très-douce et à une rondeur de mouvement satisfaisant, sans rien sacrifier sous le rapport de la meilleure utilisation possible de la vapeur.

La maîtresse tige devant travailler uniquement à la traction est formée de deux pièces jumelles ou barres cylindriques fortement épaulées aux extrémités et assemblées par des manchons en fer. Une partie de son poids était équilibrée dans les trois premières machines de ce système construites par la Société Cockerill, au moyen d'un balancier à contre-poids logé dans la fondation et assemblé par des bielles à la partie supérieure du maître-tirant. Une simplification très-importante a été opérée dans celle qui figurait à l'Exposition Universelle. Son grand balancier moteur est prolongé, cet appendice étant destiné à recevoir deux grandes bielles pendantes attelées à un coffre disposé pour recevoir le contre-poids, coffre assez profondément logé dans une sorte de puits, où ses déplacements alternatifs ne peuvent causer d'embarras. Cette disposition permet aussi de rendre le contre-poids facilement variable, suivant les exigences de l'épuisement, et elle présente cet autre avantage que les parties qui la composent demeurent visibles et facilement accessibles. Le balancier est construit en tôles et cornières.

Le condenseur est placé sous le socle du cylindre qui traverse l'arbre du volant, la pompe à air se trouve entre le cylindre et la colonne-support du balancier.

Diamètre du cylindre à vapeur.	$1^m,075$
Course du piston.	$2^m,500$

Cette machine d'épuisement est aujourd'hui installée à la houillère La Concorde, près Jemeppe. La Société Cockerill a construit pour différents charbonnages quatre machines d'épuisement du même système. L'appareil installé à la houillère des Sarts-Berleur fonctionne déjà depuis trois ans en donnant les meilleurs résultats, soit au point de vue de la sécurité, soit à celui de l'économie de combustible. Les pompes y sont installées de manière à obtenir une hauteur d'étage de 85 mètres. Un des tuyaux d'une colonne foulante s'étant brisé subitement, la résistance utile se trouva instantanément diminuée d'une quantité équivalente à la charge de 85 mètres d'eau. Dans une machine à simple effet, le piston eût battu un faux coup et probablement brisé tout au moins le couvercle du cylindre : aux Sarts-Berleur, il se produisit seulement une légère accélération de vitesse, et le régulateur à force centrifuge ramena immédiatement l'appareil aux conditions de marche normale.

La Société Cockerill a établi en 1877 un appareil tel que celui des Sarts-Berleur au nouveau puits qu'elle a foncé à son charbonnage Collard. Il prend l'eau à une profondeur de 530 mètres, et marche avec une admission égale à $1/5$ de la course seulement, la pression initiale ne dépassant pas quatre atmosphères.

MACHINES FIXES DIVERSES.

Sous ce titre nous comprenons les machines fixes ne présentant aucun des caractères qui distinguaient les types précédents, machines Corliss, Sulzer, Compound ou Woolf. Nous rencontrons ici en partie les formes anciennes de bâti au moins quant aux machines horizontales, de beaucoup les plus nombreuses. Quelques-unes cependant se font remarquer par des dispositions tout à fait nouvelles. Si nous retrouvons les détentes Mayer et Farcot, nous faisons connaissance avec d'autres systèmes particuliers aux machines qui en sont munies (détentes Audemar, Robert, Demenge).

Mais pas plus que précédemment, il ne nous a été possible de classer ces machines suivant leur spécialité de destination, et nous préférons les présenter au lecteur plutôt par ordre de nationalités et suivant leur importance comme force motrice, que par systèmes d'agencement de pièces et de groupement des organes principaux, machines horizontales ou verticales, machines-pilons ou à colonnes. Nous aurons à parler de ces dernières plus particulièrement à l'occasion des machines de la petite industrie.

Lebrun, de Creil. — Machines jumelles de 300 chevaux à condensation. Ces machines actionnaient deux pompes horizontales installées sur le quai de Billy pour le service hydraulique de l'Exposition. Le bâti de ces machines ne présente rien de particulier dans la force, c'est à peu près l'ancienne forme ordinaire avec paliers, supports de cylindre et glissières fondus d'une seule pièce et reposant dans toute la longueur sur le massif de maçonnerie. Les cylindres sont munis d'une enveloppe à circulation de vapeur. La distribution est du système Mayer à détente variable à la main.

Les deux machines actionnaient un seul arbre sur lequel était monté un volant de 7^{m},400 pesant 15,000 kil. Les pompes élévatoires qu'elles faisaient mouvoir sont à double effet et commandées par l'intermédiaire de deux petites bielles au moyen d'un double balancier relié par deux autres bielles à la crosse du piston à vapeur. Ces mêmes balanciers donnent en même temps le mouvement à la pompe à air du condenseur, à la pompe alimentaire et à la petite pompe de refoulement d'air dans le réservoir d'air des pompes élévatoires. Les machines faisaient 16 tours par minute et élevaient 750,000 litres d'eau pour heure à 50 mètres de hauteur.

Diamètre des cylindres à vapeur	0^{m},700
Course des pistons	1 ,600
Diamètre des cylindres des pompes élévatoires.	0 ,520
Course des pistons.	1 ,000

Les chaudières construites également par M. Lebrun étaient du système semi-tubulaire et présentaient une surface de chauffe totale de 350 mètres carrés. On voyait aussi dans le pavillon Toufflin, une machine à vapeur du même constructeur actionnant un moulin-batteur Carr.

Compagnie de Fives-Lille. — Machine horizontale à cylindres conjugués pour extraction. Ces deux machines sont accouplées sur un même arbre par des manivelles à 90 degrés. Les pistons à vapeur ont 0^{m},90 de diamètre et 2 mètres de course. Plaque de fondation de forme ancienne, servant de support au cylindre, reliant d'une manière très-rigide ce dernier au palier de l'arbre du volant. Le centre d'action du piston est peu élevé au-dessus du plan d'attache

du bâti, ce qui donne à l'ensemble une grande stabilité. Les glissières sont doubles suivant le type ordinaire et les coussinets des paliers ont des coins latéraux de rattrapage de jeu.

La distribution, système Audemar, est faite dans chaque machine par quatre soupapes, dont deux d'admission et deux d'échappement, et leur mouvement de levée est produit par des cames doubles, mobiles longitudinalement sur l'arbre qui les porte. Le déplacement longitudinal de ces cames a lieu pour les deux machines au moyen d'un levier de changement de marche; et selon qu'on fait fonctionner les soupapes par l'une ou l'autre moitié des cames, les machines tournent dans un sens ou dans l'autre; lorsque les cames occupent la position moyenne, l'introduction de la vapeur est supprimée.

Les leviers inférieurs du mouvement des soupapes portent des galets sphériques en acier trempé, enfermés dans des coquilles et sur lesquels agissent les cames de distribution. De cette façon, les galets obéissent aussi bien au mouvement de translation qu'au mouvement de rotation des cames. Pour obliger les soupapes à retomber sur leurs siéges, ce qui pourrait ne pas avoir lieu par suite d'un frottement anormal, on a placé sur le levier qui reçoit l'action des cames entre le galet sphérique et le point d'articulation, un support vertical cintré à sa partie supérieure et portant un petit galet mobile dans le sens de translation des cames. Si par suite d'une cause quelconque, la soupape ne redescend pas sous l'action du poids qui la charge, la came de cette soupape soulève le petit galet qui se présente à sa partie supérieure et le mouvement de descente de la soupape a lieu immédiatement.

Les supports des arbres de commande des cames sont fixés sur les bâtis ou les boîtes à soupapes de sorte que tous les organes de distribution sont parfaitement solidaires les uns des autres et qu'il ne peut se produire aucun déplacement entre eux. Les vapeurs d'échappement se rendent dans un réservoir destiné à chauffer l'eau d'alimentation. L'arbre des manivelles est en acier et porte deux bobines de 8 mètres de diamètre pour l'enroulement des câbles et une forte poulie sur laquelle s'exerce le frottement d'un frein à vapeur très-puissant.

Tous les différents leviers servant à la manœuvre des machines sont placés entre elles, à la main du mécanicien : levier de changement de marche, levier faisant mouvoir le tiroir d'admission de vapeur dans le cylindre du frein, leviers des purgeurs, etc. Avec une pression de 4 kilogrammes, une vitesse de 25 tours par minute et une introduction de 25 pour 100, le travail effectif fourni sur l'arbre est de 500 chevaux. Ces machines étaient destinées au puits n° 2 de la compagnie des mines de Béthune (Pas-de-Calais), pour extraction à une profondeur de 800 mètres.

Dimensions principales.

Diamètre des pistons à vapeur.	0m,900
Course —	2 ,000
Diamètre initial des tambours d'enroulement des câbles. . . .	2 ,300
Diamètre extérieur des bobines.	8 ,000
Diamètre du cylindre du frein à vapeur.	0 ,550
Diamètre de la poulie du frein.	4 ,000

M. Boyer, de Lille. — Machine horizontale à condensation et à détente variable. Le bâti forme Corliss relie le palier moteur indépendant au cylindre à vapeur. Ce dernier repose sur une large semelle au moyen de pattes robustes qui y sont fixées par quatre boulons. Le palier à large base est solidement assis sur la fondation. Il est muni d'un coussinet en quatre parties avec coins de rattrapage de jeu. Le cylindre est à enveloppe de vapeur, sa distribution s'opère à l'aide d'un seul excentrique calé directement sur l'arbre principal, et qui fait

mouvoir deux tiroirs placés aux extrémités du cylindre. Ce système de détente à deux tiroirs ne présente rien de particulier. C'est absolument la détente Meyer. Elle est variable par un régulateur de Watt à bielles croisées. La bielle, la tête de piston et la tige sont en acier fondu. La pompe à air placée sous la machine entre le cylindre et le palier se trouve commandée par un balancier auquel le mouvement est donné au moyen d'une bielle articulée sur le bouton de manivelle motrice.

Diamètre du piston	0m,610
Course	1 ,250
Diamètre du volant	5 ,50

La force nominale est de 50 chevaux, mais la force développée théoriquement sur l'arbre du volant atteint 100 chevaux, en marchant à une pression de cinq atmosphères, avec admission à pleine vapeur pendant $^1/_8$ de la course du piston; dans ces conditions, la machine ne consomme pas plus de 9 kilogr. de vapeur par heure et par cheval. Cette machine actionnait une des transmissions de la section française au moyen d'un volant à rainures circulaires système que M. Boyer a été, avons-nous dit, l'un des premiers à introduire en France.

Duvergier, de Lyon. — Machine horizontale à condensation. Ce constructeur exposait une machine de 50 chevaux du même système que celle qui figurait déjà au Champ-de-Mars en 1867. Elle actionnait une des transmissions de la section III. Le bâti a la forme d'un cadre plat à nervures, avec glissière unique du type marine, comme dans les machines Claparède et Boudier. Le cylindre est fixé par son couvercle en porte-à-faux sur le bâti. L'admission et l'échappement de la vapeur se font à la partie inférieure du cylindre. La boîte du tiroir règne dans toute la longueur de ce dernier, et les lumières d'introduction sont à l'extrémité.

Le cylindre muni d'une enveloppe de vapeur est disposé de manière à présenter les orifices d'introduction en dessous suivant un plan incliné. Les couvercles également à circulation de vapeur font à la fois joint sur le cylindre intérieur et sur l'enveloppe. Ces dispositions présentent l'avantage de réduire les espaces libres et de faciliter la purge. La distribution est commandée par un excentrique et la détente variable par le régulateur. Un bouton pris dans le collier de l'excentrique et un renvoi par bielle impriment un mouvement de va et vient à un levier à coulisse, dans lequel glisse l'articulation de l'extrémité de la bielle qui commande le tiroir d'introduction. A mesure que la bielle descend dans la coulisse, la course du tiroir augmente, ainsi que l'admission de la vapeur; dans le mouvement inverse de la coulisse, la course peut diminuer jusqu'à devenir nulle, lorsque l'articulation de la bielle monte dans la coulisse jusqu'au centre d'oscillation du levier; alors l'admission de la vapeur cesse. On peut, à l'aide d'un petit volant placé à la partie supérieure du levier qui commande la bielle de distribution, ramener à la main l'articulation dans la position indiquée ci-dessus, si l'on veut arrêter la machine. Cette disposition est toute spéciale à M. Duvergier.

L'arbre moteur se prolonge de manière à former un arbre coudé, il est supporté par trois paliers dont deux réservés à la partie de l'arbre sur lequel est montée la commande de la distribution. Le même arbre porte à l'extérieur un disque avec bouton d'articulation pour la bielle qui actionne la pompe à air. Celle-ci repose avec le condenseur en contre-bas de la machine sur une petite plaque de fondation en sous-sol. La pompe alimentaire placée verticalement sur le côté de la pompe à air reçoit son mouvement du même levier et le disque sert en même temps de poulie pour commander le régulateur.

Société des usines de Marquise (Pas-de-Calais), pl. VI, fig. 1. — Machine horizontale à condensation, système Fourlinnie. Elle présente plusieurs dispositions nouvelles. Le bâti vu en plan a la forme d'un U allongé, il est notablement surélevé, ce qui rend l'accès des pièces plus difficile et lui donne un aspect un peu lourd. La tête de piston est guidée dans son mouvement rectiligne par un système de leviers verticaux formant parallélogrammes et dont le point fixe supérieur consiste en une articulation de ces derniers sur un arbre transversal reposant sur deux paliers fixés aux flasques du bâti. L'arbre porte à ses extrémités un balancier horizontal actionnant d'un côté deux pompes à air à simple effet, et de l'autre côté du volant deux pompes alimentaires. Sur ce même arbre sont calés deux leviers verticaux, dont l'un est relié à la tige du tiroir d'admission et à la tringle qui reçoit son mouvement du régulateur au moyen d'une paire de roues d'angle. Le tiroir d'admission placé sur le dessus du cylindre est surmonté d'un second tiroir servant à la détente et manœuvré par le second levier vertical, mentionné ci-dessus, lequel est également en relation avec le régulateur. A la partie inférieure de la tige du régulateur se trouve une pièce armée de deux cames et soumise à toutes les variations de mouvement de cette tige équilibrée en partie par des contre-poids. La position des cames ainsi réglée par le régulateur détermine en conséquence le degré de détente.

On a donné au volant la forme d'une poulie double dont la jante est partagée par une mince cloison de manière à recevoir deux courroies. La machine avec une admission au $^1/_{10}$ de la course fournit une force de 100 chevaux. Dimensions principales :

Diamètre du cylindre	0m,585
Course du piston	1 ,117
Nombre de tours	46
Diamètre des pompes à air	0 ,330
Course des pistons —	0 ,260

En résumé, machine assez originale quant à la disposition générale des organes, mais soigneusement exécutée.

Farcot, à Saint-Ouen. — Machine horizontale de 60 chevaux. C'est le type ordinaire propre à la maison, à un seul tiroir et à grande détente qui a remporté en 1867 le grand prix pour mérite hors ligne, et qui n'a reçu depuis que quelques perfectionnements de détails.

Les particularités caractéristiques de ce type sont comme on sait : le bâti rigide à moulures coulé d'une seule pièce avec le palier de l'arbre moteur, les deux paires de glissières en fonte assemblées par des écrous cachés sous des boules à pointe, l'enveloppe complète du cylindre, la disposition de la pompe à air commandée par un balancier simple ou double relié à la tête de piston par deux bielles, la distribution à détente dite détente Farcot, variable par le régulateur à bielles croisées du même constructeur.

La distribution Farcot se compose, comme on sait, d'un tiroir simple percé d'orifices sur lequel se meuvent deux glissières butant plus ou moins tôt contre une came orientée par le régulateur. Le dessus du tiroir est percé de plusieurs orifices, trois par chaque conduit d'admission, de manière qu'un faible mouvement linéaire de chaque glissière découvre une section assez considérable. A chaque extrémité de la course, chaque glissière rencontre une butée fixe, et lorsque la machine est au repos, des ressorts remplacent, pour appliquer les glissières contre le dos du tiroir, la pression de la vapeur. Le tiroir principal est commandé par un excentrique et les glissières sous l'effet de la vapeur sui-

vent le mouvement du tiroir jusqu'aux butées. Cette détente étant assez délicate a besoin d'être parfaitement établie pour fonctionner convenablement.

L'ancien type de machines Farcot a joui d'une grande vogue due aux soins avec lesquels elles ont été étudiées et construites. Leur consommation n'est pas de beaucoup supérieure à celle du type Corliss perfectionné par ce constructeur et sur lequel nous nous sommes longuement étendu au commencement de ce chapitre.

Compagnie de Fives-Lille. — Machine horizontale à détente variable et à condensation. Cette machine de la force de 40 chevaux donnait le mouvement aux sections X et XI.

Diamètre du piston	0m,500
Course	1 ,800
Nombre de tours	40

La distribution de vapeur dans le cylindre est faite par des tiroirs du type Farcot superposés, permettant de faire varier l'admission entre $^1/_{30}$ et $^1/_4$ de la course. Chaque extrémité du cylindre à vapeur est pourvue d'une boîte de distribution, à l'effet de réduire autant que possible le volume des orifices entre les tiroirs et le cylindre. Ces deux boîtes communiquent ensemble par un conduit sur lequel est placé le robinet de prise de vapeur.

Le chauffage de l'enveloppe du cylindre se fait au moyen d'un robinet prenant la vapeur avant la soupape d'introduction dans les boîtes de distribution ; mais cette vapeur ne communique nullement avec l'intérieur du cylindre. Les orifices de distribution sont placés en contre-bas de l'axe du cylindre de façon à permettre un écoulement naturel des eaux de purge à la condensation. Un appareil purgeur automatique reçoit les purges de l'enveloppe et des boîtes à tiroirs. A la partie supérieure du cylindre et à ses deux extrémités sont placés deux petits tiroirs qui permettent de réchauffer toutes les parties du cylindre quand la machine est au repos et de la mettre aisément en marche dans toutes les positions de la manivelle autres que les deux points morts. Ces deux petits tiroirs sont manœuvrés par un même levier dont la poignée est ramenée près du robinet de prise de vapeur. Le cylindre à vapeur est relié au palier de l'arbre par un bâti latéral qui comprend les glissières à larges surfaces plates. Les paliers de l'arbre du volant ont des coussinets en quatre parties avec coins de serrage latéraux.

La tête de piston est également munie de coins de rattrapage de jeu qu'on règle au moyen de vis. Quant à la pompe à air, elle est commandée par un balancier qui reçoit son mouvement de deux bielles prenant sur le corps de la bielle motrice près de la tête du piston. L'injection au condenseur se fait au moyen d'un cône qu'on règle à volonté en agissant sur une vis à l'aide d'un petit volant. Toutes les pièces du mouvement sont en acier. L'exécution nous a paru soignée jusque dans les moindres détails.

Olry et Granddemange, à Paris. — Machine horizontale de 40 chevaux à condensation actionnant l'une des transmissions de la section III, classe 59. Le bâti creux en fonte est très-résistant et porte tout l'agencement, cylindre à enveloppe, tête de piston à double coulisseau. L'enveloppe de vapeur est indépendante de la distribution et l'eau de condensation qui se produit autour du cylindre retourne dans la chaudière. Mais ce qui caractérise cette machine, c'est le système de détente variable par le régulateur, dont M. Demenge est l'inventeur. Le tiroir de distribution fonctionne entre deux glaces et distribue la vapeur par lintérieur. Il est percé de deux lumières un peu plus petites que celles du cylindre sur la glace duquel il glisse, disposition qui a pour but d'éviter

que le tiroir ne se dérègle par le changement de longueur de sa tige. Sur le dos du tiroir s'applique une seconde glace immobile percée au centre d'un orifice unique un peu plus grand que les deux lumières du tiroir mobile, et qui porte une partie cylindrique en regard de la capacité formant boîte à vapeur. Cette partie cylindrique reçoit à son tour un obturateur de même forme, mais légèrement excentré sur son siège, et animé d'un mouvement intermittent sous l'action du régulateur qui lui permet de fermer l'orifice de la glace de manière à produire la détente à un point quelconque de la course du piston. L'obturateur est commandé par une manivelle constamment soumise à l'action d'un ressort tendant à produire le mouvement de fermeture, mais dont la résistance peut être vaincue à certains moments par l'action en sens inverse d'une bielle en relation avec le régulateur.

L'obturateur étant placé au milieu de la vapeur se trouve équilibré et n'a besoin pour se déplacer que d'un faible effort. Il s'ensuit que le régulateur peut agir très-promptement en tirant sur la bielle ou en l'abandonnant à l'action du ressort qui dans ce cas ferme brusquement l'obturateur, comme dans les machines Corliss. C'est également à l'aide d'un coussin d'air que le choc se trouve amorti. Quant au régulateur, il se compose d'un arbre creux et d'une came servant de masse centrale et agissant contre un galet ovoïde placé à l'une des extrémités d'un levier coudé. La came peut se déplacer le long de l'arbre suivant la position des boules et présente au contact dudit galet une partie ou l'autre de sa surface dont le galbe est cylindrique en vue de l'ouverture de l'obturateur et héliçoïdal pour en opérer la fermeture. Les boules sont fixées aux extrémités de leviers coudés articulés par leurs points d'inflexion aux extrémités des branches d'une pièce verticale en forme d'Y, et fixée sur l'arbre du régulateur.

Diamètre du piston	0m,475
Course	0 ,800
Nombre de tours	50
Force nominale	45
Force maxima	90
Diamètre de l'arbre moteur	0 ,200
Diamètre du volant	4 ,500
Consommation d'eau par cheval et par heure	13 lit.
Dépense de charbon par cheval et par heure avec condenseur	1k,500

MM. Olry et Granddemange avaient en outre exposé une machine sans condensation à distribution et détente ordinaire, avec régulateur Porter.

Chaligny et Guyot-Sionnest, à Paris. 1° Machine de 40 chevaux à détente variable par le régulateur. — Cette machine se distingue principalement par la forme du bâti ; comme dans le type Corliss, la tête de bielle et la manivelle sont facilement accessibles, mais les glissières conservent la disposition de l'ancien type ordinaire à double coulisseau. Le cylindre est solidement assis et maintenu par quatre boulons, sur son bâti dont la section est celle d'un coffre à angles supérieurs arrondis. Cylindre à enveloppe de vapeur, distribution à un seul tiroir avec détente Farcot.

Régulateur à bras croisé recevant son mouvement de l'arbre moteur par un arbre horizontal parallèle à la machine et deux paires de roues d'angle. La pompe alimentaire est placée sur le côté du bâti et commandée par un excentrique monté sur l'arbre du volant. Il n'y a pas de condenseur.

Diamètre du cylindre 0m,375. Course du piston 0,600, nombre de tour par minute, 70.

2° *Machine de 8 à 10 chevaux à détente fixe* (pl. IX, fig. 4). — Disposition différente de la précédente. Ici le bâti T forme en plan un cadre complet, il n'a pas beaucoup de hauteur et repose sur un petit massif en maçonnerie. Cylindre A à enveloppe de vapeur. Tête de piston B portée par un double coulisseau se mouvant entre les glissières C C fixées d'un bout sur le bâti et de l'autre sur le plateau D du cylindre comme dans les locomotives. La distribution de vapeur se fait par un simple tiroir avec détente fixe par recouvrement. La prise de vapeur E est munie d'un papillon actionné par le régulateur à boules de Watt G. L'arbre à vilebrequin est porté par deux paliers L avec coussinets munis de coins de rattrapage de jeu. Il dépasse de chaque côté du bâti pour porter outre le volant à droite ou à gauche une ou deux poulies motrices.

Un excentrique spécial commande la pompe à air fixée sur le bâti en avant des glissières.

Diamètre du cylindre 0m,300, course du piston 0m,190, nombre de tours 115, force en chevaux 12, à la pression effective de 6 kil.

Bréval, à Paris. 1° Machine horizontale à condensation de la force de 35 chevaux (pl. IX, fig. 1) — .Elle actionnait l'une des transmissions de la classe 50. Le bâti à section en I avec évidements se rapproche, comme forme, du bâti ordinaire des machines horizontales. Le cylindre A à enveloppe de vapeur et recouvert d'une chemise en bois repose solidement sur le bâti B. Deux paliers munis de coins de rattrapage de jeu portent l'arbre moteur à double coude C. La distribution se fait par un tiroir à coquille commandé par l'excentrique E, et la détente est produite par un second tiroir plat ou tuile commandé de la même manière. Ce dernier a 45° d'avance sur celui de la distribution. Cette détente permet de faire varier le point d'introduction pendant presque toute la course et avec une égalité parfaite dans les deux sens. Elle donne en même temps un commencement d'introduction à pleine ouverture d'orifice, puis vient la fermer tout à coup au lieu de la clore progressivement, ce qui a pour effet de supprimer l'étranglement de la vapeur.

Mais ce qui caractérise surtout cette machine c'est l'appareil de condensation. La pompe à air G est actionnée directement par une manivelle H calée à l'extrémité de l'arbre coudé, et qui transmet son mouvement à une bielle à fourche F guidée du côté du piston par un coulisseau mobile entre deux glissières faisant partie des deux réservoirs l'un de la condensation et l'autre du trop plein. Cette pompe est à double effet et fonctionne au moyen de quatre clapets en caoutchouc, qu'on peut visiter facilement par quatre regards ménagés sur le corps de pompe. L'injection d'eau arrive par un robinet en haut du réservoir de condensation et porte un tuyau en cuivre percé de trous en pomme d'arrosoir, pénétrant jusque dans le tuyau d'échappement de vapeur.

Diamètre de cylindre 0m,450, course du piston 0m,900, vitesse : 50 tours.

2° La fig. 3, de la pl. X, représente le type des machines à grande vitesse (100 tours) que construit couramment M. Bréval. Ce moteur se recommande par sa simplicité et le peu de place qu'il occupe ; monté sur un bâti robuste d'une seule pièce, il présente beaucoup de stabilité et fonctionne très-régulièrement avec grande détente. Ce système figurait également à l'Exposition.

Buffaud frères, à Lyon.. Machine à condensation à détente variable par le régulateur. — Le bâti creux à section demi-circulaire en forme de cuvette présente une très-grande rigidité ; il comprend la glissière unique qui laisse la tête de piston entièrement à découvert. Son aspect est assez gracieux. Il est boulonné avec un emboîtement particulier sur le cylindre auquel il sert de plateau et qui repose dans toute sa longueur sur un patin robuste. L'ensemble est installé sur deux petits massifs laissant entre eux l'espace libre nécessaire pour la pompe

à air et la pompe alimentaire actionnées toutes deux par un balancier articulé à la tête de piston et dont le point d'oscillation se trouve à la partie inférieure.

Le cylindre est entouré sur son contour et sur ses deux fonds d'une double enveloppe de vapeur et d'air chaud. La vapeur est prise directement à la chaudière et l'eau condensée s'échappant par un robinet de purge automatique retourne à la chaudière.

La glissière de la tête de piston est rapportée, et le coulisseau est muni de calos permettant de rattraper l'usure qui peut se produire à la longue. La distribution n'a rien de spécial, c'est la détente Farcot variable par le régulateur. MM. Buffaud ont adopté pour leur régulateur le système Buss dont ils sont les concessionnaires pour une partie de la France.

L'arbre moteur et la manivelle sont en fer ; la tige du piston, le bouton de manivelle et les diverses autres pièces et mouvement sont en acier.

Diamètre du cylindre $0^{m},380$. Course $0_{m},760$. Nombre de tours 50. Force de la machine, 25 chevaux.

MM. Buffaud avaient exposé une seconde machine de même force mais sous condensation, avec distribution Meyer perfectionné par M. Rydel. La disposition du bâti et du cylindre est la même.

Comme dans la détente Meyer les deux tiroirs sont conduits par des excentriques distincts ; l'un de ces tiroirs, celui de distribution a le dos creusé en forme de cylindre ayant pour centre l'axe du tiroir de détente. Les plaques qui forment ce tiroir sont également cylindriques et s'appliquent sur le tiroir de distribution de manière à pouvoir dans leur mouvement longitudinal tourner sur elles-mêmes sous l'impulsion du régulateur. Les lumières sont inclinées sur la face cylindrique ainsi que les palettes de détente de telle sorte que la rotation de ces dernières détermine à l'admission une ouverture plus ou moins longue des lumières et fait en conséquence varier la détente. Ces machines sont très-bien étudiées et fonctionnent avec beaucoup de régularité. Ces mêmes constructeurs avaient encore exposé dans la classe 54 deux chevaux alimentaires, l'un vertical et l'autre horizontal.

Artige, à Paris — Machine horizontale à condensation à détente variable par le régulateur de la force de 30 chevaux. Le bâti très-rigide se compose de deux poutres en U reliées par des traverses. Le cylindre à enveloppe de vapeur repose sur deux traverses creusées à cet effet. L'autre extrémité du bâti porte le palier de l'arbre du volant, muni d'un coussinet en quatre pièces avec coins de rattrapage de jeu. Les deux traverses du milieu sont également alésées pour recevoir le cylindre formant glissière dans lequel se meut la tête de piston également cylindrique. Cette glissière formée de deux demi-cylindres assemblés à tenons et mortaises, est fortement maintenue sur les flasques du bâti au moyen de deux cercles en fer. Un petit renflement pénètre dans les traverses pour empêcher le cylindre de tourner.

La distribution se fait par 4 tiroirs, deux pour l'admission, deux pour l'échappement, placés sur les fonds mêmes du cylindre et commandés par un arbre parallèle à l'axe de la machine et qui reçoit son mouvement par engrenage de l'arbre moteur. La détente a lieu par deux cames hélicoïdales soumises à l'action directe d'un régulateur ordinaire de Watt à contre-poids et montées naturellement sur l'arbre de distribution. Les tiroirs d'échappement sont de leur côté mus par des excentriques calés sur l'arbre des cames.

Le régulateur reçoit son impulsion du même arbre au moyen d'un engrenage conique, et communique son action à l'axe des cames au moyen d'une vis sans fin agissant sur un plateau monté sur cet axe. Diamètre du cylindre $0^{m},450$, course $0^{m},860$.

La pompe à air placée en dessous du bâti est commandée par un balancier à l'aide de deux petites bielles prises sur la tête du piston. Elle n'a qu'un seul grand clapet circulaire, en caoutchouc. La pompe alimentaire indépendante placée verticalement dans la fosse du volant est actionnée par un excentrique sur l'arbre moteur.

C'est la première machine, que M. Artige ait construite sur ce système. Cependant en 1858, il avait déjà pris un brevet pour la disposition des tiroirs sur les fonds. Au point de vue de la construction elle diffère peu de toutes celles qu'il a construites jusqu'à ce jour. Toutes les pièces sont fabriquées au tour, tous les assemblages sont cylindriques. Le bâti même,comme nous l'avons vu,a ses traverses alésées à l'endroit du cylindre et des glissières. Les clavettes de serrage des bielles, (grosse tête et petites têtes) sont cylindriques avec un plat du côté du coussinet. Cet ajustement nous a paru très-pratique.

Rikkers, à Saint-Denis. — Machine verticale de 10 chevaux. La machine représentée pl. X, fig. 4, se distingue de toutes les autres par la manière dont le travail du piston est transmis à l'arbre du volant. La bielle est ici remplacée par un cadre directement relié au piston au moyen de deux tiges formant les tiges mêmes du piston; le plateau du cylindre porte à cet effet deux presse-étoupes.

Quant au cylindre pourvu d'une enveloppe de vapeur, il n'a pas une grande course, (diamètre du cylindre), $0^m,250$, course $0^m,250$; et repose sur une colonne creuse au milieu de laquelle se meut le cadre dont nous venons de parler. L'ensemble est monté sur un bâti-socle qui lui donne une large assise et une stabilité qu'on obtient plus difficilement avec les massifs en maçonnerie.

Le bouton de la manivelle coulisse dans le cadre mobile et force l'arbre moteur à tourner d'un mouvement continu. Cet arbre se trouve ainsi placé vers le milieu de la hauteur de la machine.

Avec cette disposition (et c'est ce qu'on peut lui reprocher) le frottement du coulisseau sur la glissière est plus grand que dans les machines ordinaires, en effet l'effort qui appuie le coulisseau de la tête de piston sur les glissières n'est jamais qu'une fraction assez faible de la pression exercée par la vapeur sur le piston, effort qui devient nul aux extrémités de la course, tandis qu'ici au contraire l'effort est constamment égal à la pression sur le piston. Le point d'application de l'effort varie en outre à chaque instant sur le cadre qui tend ainsi à se déformer. Mais par contre le mécanisme se trouve très-ramassé, très-robuste et comme le bouton de la manivelle et le coulisseau sont les seules pièces animées d'un mouvement latéral alternatif, la machine possède une grande stabilité et peut fonctionner à une vitesse qui peut atteindre 100 tours sans craindre aucune dislocation. Les surfaces frottantes sont très-larges, les pièces très-rigides, ce qui rend l'usure très-lente.

La machine est à détente variable par le régulateur, et d'une très-grande simplicité. Cette distribution n'est autre que la distribution Meyer modifiée. Le tiroir d'admission est percé de ses deux lumières et mis en mouvement comme à l'ordinaire par un excentrique ; mais le dessus de ce tiroir au lieu d'être plan présente une forme cylindrique ayant son centre sur la tige du tiroir de détente, et c'est sur cette partie cylindrique que viennent déboucher les lumières par deux orifices inclinés sur l'axe du tiroir. La glissière ou tiroir de détente a la même forme cylindrique, mais ses bords dépassent de beaucoup ceux du tiroir; elle est mise en mouvement par un excentrique dont la tige traverse le centre. En donnant un mouvement de rotation à la tige et par suite à la glissière, on découvre plus ou moins longtemps les orifices, et l'on produit par conséquent une détente plus ou moins prolongée. La détente est rendue variable par le régulateur qu'on charge de commander les mouvements de

rotation de la tige du tiroir au moyen d'une disposition à double renvoi par roues d'angle et vis sans fin. On peut aussi la régler à la main. Le régulateur est très-sensible en raison du peu d'effort qu'il a à exercer pour faire varier la détente.

La pompe alimentaire est placée à la partie inférieure dans le socle, son piston est commandé directement par le cadre relié au piston à vapeur. M. Rikkers construit sur ce type des machines dont la puissance atteint jusqu'à 30 chevaux, dont l'emplacement peu considérable, et l'absence de fondation offrent autant de facilités pour les établir. Elles sont exécutées avec beaucoup de soin et de précision. Toutes les pièces en mouvement, glissières, tiges de piston, tiges de tiroir, etc., sont en acier.

Depuis l'Exposition, ce constructeur a fabriqué sur le même principe des moteurs à deux cylindres dont les organes se comportent absolument de la même manière.

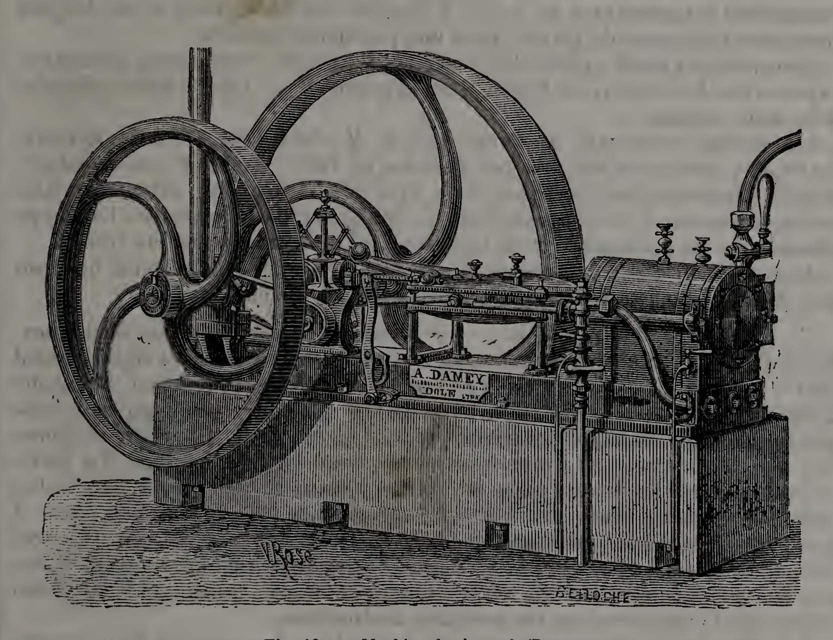


Fig. 10. — Machine horizontale Damey.

Damey, à Dôle (Jura) (fig. 10).—Petite machine fixe horizontale très-ramassée, solide sous un petit volume. Elle est à détente variable par le régulateur, sans condensation. La vapeur d'échappement chauffe l'eau d'alimentation en circulant dans des tubes enfermés à l'intérieur du bâti auquel on a donné la forme d'une caisse creuse. L'arbre moteur est coudé et supporté par deux paliers et les poulies-volants sont calées extérieurement à chaque extrémité.

L'inspection de la figure ci-dessus nous dispense d'en parler plus longuement.

Brouhot, à Vierzon. — Constructeur de machines agricoles et manufacturières. Machine horizontale de 10 chevaux, classe 54. Le cylindre repose solidement sur un bâti très-simple sans moulure, à deux paliers; glissières doubles,

arbre à vilebrequin, régulateur agissant sur un papillon à l'introduction dans la boîte à vapeur, un réchauffeur d'eau d'alimentation est logé sur le bâti avec pompe alimentaire fixée sur le côté. L'ensemble est monté sur un socle en pierre, de hauteur convenable, pour atteindre facilement toutes les pièces de la machine.

Chaudré, à Paris. — Machine horizontale de 15 chevaux. Joli modèle à la fois simple et solide, bâti d'une certaine hauteur en forme de boîte creuse double palier relevé en console. Cylindre à enveloppe de vapeur solidement fixé sur le bâti, distribution à un seul tiroir. Régulateur agissant sur la valve d'admission. La tête de piston se meut sur une glissière unique plate reliée d'une part au plateau de cylindre et supportée de l'autre par une pièce cylindrique boulonnée sur le bâti.

M. Chaudré avait encore exposé, outre la machine demi-fixe que nous retrouverons plus loin, des indicateurs de niveau d'eau métalliques et des obturateurs remplaçant les garnitures de boîtes à étoupes très-bien étudiés et sur lesquels nous nous proposons de revenir dans une prochaine occasion.

Nous citerons encore parmi les machines françaises, la machine horizontale exposée par *Berendorf, de Paris*, c'est exactement le type Farcot ordinaire avec tiroir incliné.

La machine horizontale de 15 chevaux, de *M. Cazaubon, à Paris.* Cylindre de $0^m,310$, course, $0^m,600$, nombre de tours, 60. Bâti à double T à deux paliers, double glissière, arbre coudé par tiroir avec tuile de détente, détente variable par le régulateur à boules. Distribution commandée par engrenages. La pompe alimentaire est actionnée par un tourillon calé sur l'excentrique du tiroir.

La petite machine à colonne de *M. Rucher, de Paris.* Une machine horizontale de *M. Gautreau*, à détente variable par le régulateur.

Ch. Beer, à Jemeppe, Belgique. — 1° Machine à trois cylindres de 50 chevaux. Ce moteur se compose essentiellement de trois cylindres disposés verticalement l'un à côté de l'autre, les parois se touchent et l'ensemble forme une boîte unique fermée à la partie supérieure par un plateau à triple presse-étoupe pour le passage des fausses tiges de piston. Les cylindres reposent eux-mêmes sur une boîte creuse en fonte fixée sur un socle de même nature. La partie inférieure porte les deux paliers de l'arbre moteur à trois coudes. Les bielles ont une longueur égale à 7 fois la manivelle. Les pistons sont très-hauts et garnis seulement à la partie supérieure de deux anneaux métalliques. Dans ces proportions, la pression des pistons contre les parois des cylindres ne détermine pas une pression par unité de surface supérieure à celle que le poids du piston exerce sur le cylindre dans les machines horizontales.

La vapeur n'est admise qu'au-dessus des pistons, les cylindres étant ouverts à leur partie inférieure, ce qui en facilite la vérification. La distribution se fait par un seul tiroir plan. La machine fonctionne à détente variable ; un recouvrement suffisant donné à la partie du tiroir qui correspond à l'échappement annule dans une certaine limite la perte qui est due à l'espace nuisible ; il a pour effet, en provoquant la compression de la vapeur, de réchauffer les parois du cylindre, de limiter le temps pendant lequel les calories absorbées par ces parois s'écoulent à l'extérieur entraînées par la vapeur qui se dégage pendant l'échappement. La compression a encore pour effet d'amortir aux points morts la force vive acquise par les masses en mouvement. L'ouverture de la lumière d'admission augmente avec l'augmentation de vitesse du piston à vapeur et la fermeture de cette lumière par un *distributeur tournant* s'effectue avec une vitesse moindre certainement que dans les machines à déclics, mais tout à fait suffisante. La détente a lieu dans la chapelle attenante au cylindre ;

mais on remarquera que le volume de cette chapelle est réduit à un minimum et que dans tous les cas, la vapeur qui s'y trouve après la détente ne passe pas à l'échappement, mais est employée dans le cylindre à la poussée suivante du piston. Le distributeur tournant dont nous venons de parler se compose d'un tuyau fixe régnant au-dessus des trois chapelles et percé d'une lumière correspondante à chaque chapelle. A l'intérieur du tuyau fixe tourne un cylindre percé de trois lumières placées en hélice. En avançant plus ou moins le mouvement du cylindre mobile sur le mouvement de l'arbre de la machine, on obtient une fermeture plus ou moins hâtée des lumières du cylindre fixe. Le cylindre mobile est commandé par des engrenages dont on n'a qu'à changer le calage pour modifier le degré de détente. On obtient cet effet au moyen du régulateur en ayant soin que la résistance du manchon soit absolument constante. C'est ce qu'a obtenu M. Beer avec la disposition de régulateur dont il est l'inventeur. Un purgeur placé sur chaque chapelle permet de constater facilement la marche du distributeur tournant.

Tel est le fonctionnement des machines à trois cylindres sans condensation. Dans le cas de condensation, M. Beer emploie la disposition Compound qui se prête parfaitement à l'emploi de trois cylindres. Le distributeur tournant au lieu d'agir sur chaque cylindre agit sur le premier seul.

Le bâti qui renferme l'arbre et les bielles est mis en communication avec le condenseur et afin d'éviter les rentrées d'air par les coussinets de l'arbre, ceux-ci sont munis de presse-étoupes. Le poids de cette machine est relativement faible; la machine formant un tout bien relié n'exige d'autre fondation qu'une petite pierre d'assise. Elle occupe très-peu de place, et la plus grande partie des organes étant renfermée, l'entretien de la machine exige peu de travail. Ce système est disposé pour marcher à très-grande vitesse et peut disposer de 30 à 60 chevaux à 187 tours et à des admissions de vapeur variant de $^1/_4$ à $^8/_{10}$ de la course du piston.

La plus grande valeur que M. Beer attribue à cette machine a pour cause son prix peu élevé, et sa faible consommation peut s'expliquer par les différentes causes suivantes : le grand rapport entre la bielle et la manivelle, l'absence du presse-étoupe de la tige du piston, la grande vitesse du piston, enfin, la bonne exécution de la machine.

2° Machine d'extraction à deux cylindres conjugués de la force de 80 chevaux.

Le caractère particulier de cette machine est l'adaptation d'un régulateur différentiel au contrôle de la détente. En général dans les machines de mines on se contente de régler la détente à la main, aussi ne sont-elles pas considérées comme des machines économiques.

Le constructeur s'est ici proposé de résoudre les quatre points suivants: D'abord la distribution doit être disposée de telle manière que dans la marche ordinaire la machine fonctionne au degré de détente le plus convenable quelles que soient la pression de la vapeur et la variation de la résistance. Secondement, la détente doit être supprimée automatiquement toutes les fois qu'il est nécessaire de régler à la main la marche de la machine quelle que soit la position des cages dans le puits, sans aucune intervention du machiniste. Troisièmement, la machine doit marcher sans détente lorsqu'il s'agit de descendre les hommes dans le puits ou de les remonter. Quatrièmement, le mouvement de détente pendant la marche régulière de la machine doit être simple et d'une grande sécurité.

Dans ce but multiple, M. Beer emploie la distribution Meyer à deux tiroirs et fait agir sur les tiges filetées qui règlent la position des tiroirs de détente un puissant régulateur qui ne fonctionne du reste que lorsque la machine est arrivée à sa vitesse normale; celle-ci atteinte, le régulateur règle la détente

entre 0,3 et 0,5 de la course et ne la modifie qu'autant que la vitesse de la machine a varié dans une limite assez notable. Il s'ensuit, qu'en faisant marcher la machine à la main ou en remontant les hommes, la vitesse n'est pas assez grande pour affecter le régulateur et la machine fonctionne presque à pleine vapeur. Ce qui veut dire que la détente a lieu seulement lorsque la machine marche à une certaine vitesse qu'on peut déterminer d'avance, au delà de laquelle elle reste livrée à elle-même.

Ainsi lorsque le régulateur aura été calculé pour une vitesse de la machine qui devra assurer l'extraction dans le temps prévu, il est clair que ce régulateur, au moment où la vitesse sera atteinte, commencera à agir sur la détente et maintiendra ensuite la machine dans son allure régulière, quelles que soient la résistance et la pression de la vapeur, si celle-ci est suffisante. La machine ne fonctionnera pas de suite à détente, mais seulement après deux ou trois tours; cette circonstance est très-heureuse, parce qu'il faut que la machine atteigne le plus tôt possible la vitesse normale afin d'éviter des pertes de temps qui se traduiraient par une diminution dans la production de la mine. On n'opère des manœuvres dans le puits, qu'à une très-petite vitesse de la machine et, dans ces conditions, les boules du régulateur sont retombées, la détente est supprimée et les manœuvres peuvent s'effectuer à pleine pression. Il suffit donc, nous le répétons, de ralentir la vitesse de la machine pour supprimer la détente.

Si d'une part, la simplicité dans les organes de la distribution ne doit pas être trop chèrement payée par un excès de consommation de charbon, d'autre part, cette simplicité constitue un mérite réel dont on doit tenir compte, et dans la construction des distributeurs, on doit s'imposer des limites de complications que l'expérience fixera et qui, dans ce moment, sont vivement discutées.

M. Beer n'a jusqu'ici choisi la détente Meyer que pour les motifs suivants: cette détente est très-simple, elle est indépendante de la distribution proprement dite; elle peut être facilement supprimée; elle est connue de tous les machinistes.

Le recouvrement intérieur du tiroir de distribution, en permettant la compression de la vapeur dans les espaces nuisibles annule la perte due aux larges conduits de distribution et donne lieu au réchauffement des parois du cylindre et si, pour éviter une nouvelle complication, on ne veut pas refouler de la vapeur comprimée dans la chapelle, l'espace nuisible tant critiqué, devient espace utile.

La détente Meyer donne facilement toutes les variations d'admission de vapeur au cylindre, depuis la pleine pression jusque $^3/_{10}$ d'admission et en-dessous; mais pour le cas de machines d'extraction sans condenseur, cas presque général, et pour les tensions de vapeur ordinairement admises, l'admission de $^3/_{10}$ de la course du piston est une très-bonne proportion, qu'il ne convient pas de réduire, afin d'éviter le refroidissement du cylindre dû aux rentrées d'air, refroidissement qui annule l'économie sur laquelle on croirait pouvoir compter et donneraient lieu à des condensations qui provoqueraient des coups d'eau désastreux.

Mais il est encore un autre motif, qui dans la plupart des cas actuels, limite la détente: lorsque les rayons des bobines sont établis de façon à amener un moment résistant sensiblement constant, la puissance de la machine d'extraction se détermine par le moment maximum qui a lieu lors de la manœuvre de la cage au jour; alors, en marche, la machine a un excès de puissance et c'est à cette circonstance surtout qu'est due l'idée de l'application de la détente. Cet excès de puissance limite le degré de détente et on peut s'assurer par des exemples, qu'en général, une machine à bobines équilibrées, calculée pour effectuer les

manœuvres ne pourrait pas en marche fonctionner avec une admission beaucoup inférieure à $^3/_{10}$ de la course du piston.

Le bâti de la machine a la forme rectangulaire à section en U renversé de 200 mill. de hauteur. Le cylindre y est fixé par quatre pattes solidement boulonnées. La tête de piston se meut sur une seule glissière. Diamètre du cylindre $0^m,530$, course du piston, $0^m,600$, nombre de tours, 50.

Les tiroirs sont commandés par excentriques avec coulisse et mouvement de changement de marche analogue à ce qui se fait dans les locomotives. Le levier de l'arbre de changement de marche reçoit son mouvement d'un cylindre à vapeur spécial disposé verticalement au-dessous de la machine à peu près à l'aplomb de la coulisse.

Société des usines de Gilly, (Belgique). — Machine horizontale à détente, système Robert. C'est encore une petite machine à bâti Corliss, dont le diamètre du cylindre est de $0^m,260$ et la course du piston $0^m,500$. Elle se distingue spécialement par un système de détente très-ingénieux, dû à M. Robert, directeur de la Société, système qu'il a appliqué avec succès aux machines d'extraction. L'application de la détente aux machines de mines a soulevé jusqu'ici, nous l'avons déjà dit, de sérieuses difficultés en raison du travail très-variable auquel elles sont astreintes. L'économie de vapeur et par suite de combustible a sollicité l'étude constante des constructeurs. M. Robert nous paraît avoir trouvé une solution simple et pratique du problème.

Cette distribution permet l'admission de vapeur également bien sur chacune des deux faces du piston, quel que soit le sens de rotation de la machine; le mécanisme de détente peut cesser de fonctionner chaque fois qu'il est nécessaire.

Le système se compose essentiellement de deux tiroirs superposés, comme dans la détente Meyer, dont l'un pourvu de deux lumières d'introduction sert à distribuer alternativement la vapeur sur l'une ou l'autre face du piston, tandis que l'autre tiroir agissant comme organe spécial de détente est formé de deux registres jumeaux, susceptibles d'être à volonté rapprochés ou écartés l'un de l'autre à raison du degré de détente que l'on veut obtenir. En effet, toute variation dans la distance linéaire des registres ayant pour conséquence une modification correspondante dans la longueur du tiroir de détente, le degré d'expansion sera d'autant plus prononcé que cette longueur sera elle-même plus considérable. C'est dans la disposition imaginée pour obtenir le rapprochement ou l'écartement des deux registres que gît le caractère original du système.

La tige qui commande le tiroir de détente actionne à son extrémité deux petites pompes foulantes à simple effet, qui puisent de l'eau dans un réservoir spécial pour la refouler ensuite dans un cylindre hydraulique constituant une sorte de cataracte dont le jeu règle la position des parties mobiles du tiroir de détente. La cataracte consiste en un petit cylindre vertical dans lequel se meut un piston et qui est pourvu de deux tuyaux, l'un pour l'arrivée de l'eau, l'autre pour son évacuation. Le piston est relié par une tige à une sorte de panneau présentant deux évidements en forme de coulisses droites à direction oblique et inverse dans lesquelles viennent glisser un bouton faisant corps avec chacun des registres mobiles du tiroir de détente. Le panneau peut lui-même glisser dans le cadre mobile que commande directement la tige du tiroir et affecter ainsi une position plus ou moins élevée dépendant de celle que prend sous l'action des pompes le piston de la cataracte dont il est solidaire. En sorte que suivant le mouvement du petit piston dans le cylindre hydraulique, le panneau évidé écartera ou rapprochera les registres mobiles, et l'on pourra obtenir entre les deux positions extrêmes des registres dus aux positions du piston, tous les

degrés de détente entre la pleine pression et la détente maxima déterminée à l'avance.

Le réglage, conformément à la vitesse de régime qu'on s'est donnée, se fait en maintenant plus ou moins ouvert un robinet régulateur placé sur le tuyau de décharge de la cataracte de façon à établir l'égalité entre la quantité d'eau injectée pour cette vitesse et celle qui est évacuée. Il s'ensuit alors que si la vitesse de la machine descend au-dessous de la vitesse de régime, la quantité d'eau introduite dans la cataracte devenant moindre le piston s'abaisse; les registres de détente se rapprochent et l'admission augmente; au contraire, si la machine prend une vitesse supérieure à la vitesse de régime, la quantité d'eau introduite dans la cataracte augmente et le piston s'élève; les registres de détente s'écartent jusqu'à fermer complétement l'admission si la machine s'emporte. A l'arrêt de la machine le piston ramène les registres à la position correspondant à la marche à pleine pression.

Ce système très-simple variable et automatique est d'une grande sensibilité.

Société Cockerill, de Seraing, (Belgique). — Machine horizontale Reversing à deux cylindres conjugués pour laminoirs à rails.

Cette machine de la force de 500 chevaux, est disposée pour attaquer directement le train de laminoirs en supprimant toute transmission intermédiaire par engrenage. La distribution a lieu par soupapes à double siège équilibrées mues par des cames, convenablement disposées. Les obturateurs d'échappement sont placés en contre-bas des cylindres; par cette disposition on peut supprimer les robinets de purge, les eaux de condensation étant régulièrement et périodiquement expulsées à chaque coup de piston. Les soupapes d'admission sont placées à la partie supérieure. Le système de détente dû à M. Audemer permet d'obtenir tous les degrés de détente possible depuis la pleine admission jusqu'à zéro, les mêmes obturateurs servant à la distribution et à l'expansion.

Le mécanicien peut faire varier le degré de détente de manière à la rendre proportionnelle au travail résistant qui, dans ce genre d'opération, varie dans des limites plus ou moins considérables suivant le degré de serrage et le frottement développé au passage des diverses cannelures des cylindres.

Dans les machines de ce genre construites avant 1878, les organes de distribution sont de simples tiroirs avec un recouvrement convenable, le renversement de la marche s'opère au moyen d'une coulisse actionnée par deux excentriques. En raison de la résistance qui résulte de la surface assez grande de ces tiroirs, un petit moteur supplémentaire était chargé de fournir le travail résultant des renversements de la marche. Ce moteur est devenu tout à fait superflu avec la nouvelle machine exposée. La pompe à air est actionnée par un petit moteur indépendant dont la marche est réglée par un régulateur à force centrifuge.

La production avec une machine de ce genre est de 2,000 tonnes de rails d'acier par semaine. La sûreté du laminage est, paraît-il, extraordinaire avec ces machines à action directe, grâce à l'instantanéité de l'arrêt et de la mise en marche.

E. Skoda, de Pilsen, (Bohême). — Machine à détente variable au régulateur système Welner. La forme du bâti rappelle celle du type Corliss. Bâti creux reposant sur la fondation à l'endroit du palier et dans son milieu sous la glissière cylindrique, dont l'extrémité est boulonnée au plateau du cylindre Ce dernier, sans enveloppe de vapeur, repose dans toute sa longueur sur un socle à quatre oreilles venu de fonte avec la masse. La tige du piston traverse le fond muni d'un presse-étoupe et d'un fourreau protecteur.

La distribution fonctionne au moyen de deux tiroirs commandés chacun par

un excentrique. La disposition du tiroir d'admission ressemble tout à fait à celle du tiroir principal de la distribution Meyer, tandis que le tiroir de détente se compose de deux plaques invariablement réunies et dont l'écartement est convenablement réglé de manière que les bords intérieurs agissent comme ceux d'une lumière de tiroir ordinaire. A la tige de ce tiroir de détente sont fixés deux petits pistons mobiles dans des cylindres faisant partie de la boîte à vapeur à droite et à gauche et complétement ouverts du côté du tiroir, tandis que l'autre face des pistons se trouve en communication avec les espaces nuisibles et les conduits du cylindre à vapeur.

La tige du tiroir porte, un peu avant son articulation avec la bielle d'excentrique, un taquet contre lequel viennent buter alternativement deux cliquets, disposés de telle façon, que le taquet arrivé à sa position extrême, à gauche par exemple, se trouve arrêté par l'un des cliquets qui l'empêche de se mouvoir vers la droite, pendant que le second cliquet de gauche repose sur le taquet même. Pendant la marche du piston à vapeur de gauche à droite, le tiroir d'admission permet l'introduction de la vapeur dans le cylindre jusqu'à ce que le cliquet de droite se relève. C'est alors que la vapeur qui presse sur la face intérieure du piston de gauche, ne trouvant plus de résistance sur la face extérieure par suite de l'échappement de la vapeur, fait avancer le tiroir vers la droite. Les lumières de détente sur le tiroir d'admission sont ainsi fermées subitement par le tiroir dont la course n'est limitée que par les tampons à air montés à droite et à gauche de la tige et destinés à amortir les chocs. La position actuelle du cliquet derrière le taquet empêche alors le retour de la tige du tiroir.

Supposons le piston à vapeur continuant sa marche et parvenant à fin de course à droite, la vapeur s'échappe de l'autre côté et la tige du tiroir de détente arrêtée par le cliquet se trouve chassé vers la gauche dès que le déclanchement se produit, c'est-à-dire lorsque le degré d'admission désiré est atteint.

Les deux cliquets dont nous venons de voir le jeu ont leurs pivots fixés au bâti de la machine, ils sont alternativement soulevés par deux cames horizontales dont le support mobile est lui-même actionné par la bielle d'excentrique. Les cames sont influencées par le régulateur qui leur donne une position plus ou moins élevée suivant la vitesse de la machine, et le déclanchement s'opère naturellement d'autant plus tôt que la vitesse de la machine est plus grande.

Comme on le voit, ce mouvement de distribution est assez simple en lui-même. Peu de pièces sont susceptibles d'usure rapide. Le tiroir de détente fonctionne par la seule action de la vapeur sans intervention d'aucun ressort. Si par un hasard quelconque le cliquet ne venait pas s'engager dans la saillie du taquet, la tige du tiroir continuant sa marche, les lumières du tiroir de détente se fermeraient immédiatement et la machine s'arrêterait court.

Le régulateur du système Porter est commandé par courroie.

Diamètre du cylindre, $0^m,316$, course, $0^m,630$.

MM. Marshall et fils, de Gainsborough, (Angleterre). — Machine horizontale à condensation de 12 chevaux. (Pl. VI, fig. 3). Le bâti se compose des glissières et du palier de l'arbre moteur réunis ensemble par une poutre creuse. Le cylindre à enveloppe est boulonné en porte à faux à l'extrémité du bâti, il a 280 mill., de diamètre et 560 mill., de course. L'arbre moteur en acier, est porté par un palier avec coussinets dont on peut rattraper l'usure dans les deux sens. La manivelle est remplacée par un disque équilibré, et la tête de piston en fonte malléable porte des coulisseaux à large surface dont on peut facilement régler l'écartement, lorsqu'il se produit du jeu par l'usure.

Un excentrique monté sur l'arbre moteur commande la pompe alimentaire placée contre le bâti, à peu de distance du palier. Quant au condenseur et à

la pompe à air, ils sont placés derrière le cylindre. La tige du piston à vapeur prolongée traverse le plateau d'arrière sert en même temps de tige de piston de pompe à air.

Distribution à deux tiroirs commandés par excentrique. La position du tiroir de détente est réglée, comme dans les locomotives, par une coulisse et c'est la bielle de connexion du coulisseau avec la tige de ce tiroir qui se trouve soumise à l'action du régulateur Hartnell, recevant par courroie le mouvement de l'arbre moteur.

Les mêmes constructeurs avaient exposé une seconde machine avec bâti en forme de cuillère à deux paliers et arbre coudé, coussinets en trois parties à double ajustement à vis et coins de rattrapage de jeu.

Cylindre à enveloppe fixé en porte à faux sur la collerette extérieure de la boîte des glissières. Bielle avec tête à chape sur la manivelle et à œil sur la crosse de tige de piston, avec clavettes de réglage disposées de manière à éviter toute variation dans la longueur de la bielle. On peut également rattraper l'usure des coulisseaux de la tête de piston. Tiroir de distribution commandé par excentrique. Régulateur de vitesse à bras croisés.

Ce type de machine convient surtout aux petites forces de 5 à 10 chevaux.

J. Bernays, de Londres. — Machine à cylindres jumeaux et à accouplement direct (fig. 11). Ce moteur convient dans les cas où il est nécessaire de développer une grande force dans un espace restreint. Il est en effet très-compacte et se compose de deux cylindres verticaux à double effet de 100 mill. chacun et de 162 mill. de course placés de chaque côté de l'arbre de couche pour fonctionner comme machine Compound. L'arbre de couche est placé tout à fait à la partie inférieure. Les tiges de piston sont reliées par des bielles aux extrémités d'une bielle motrice triangulaire, guidée par une tête de piston qui les fait se mouvoir comme si elles étaient reliées aux deux manivelles placées à angle droit. De cette façon, il n'y a pas de point mort et la machine peut s'arrêter à n'importe quelle position.

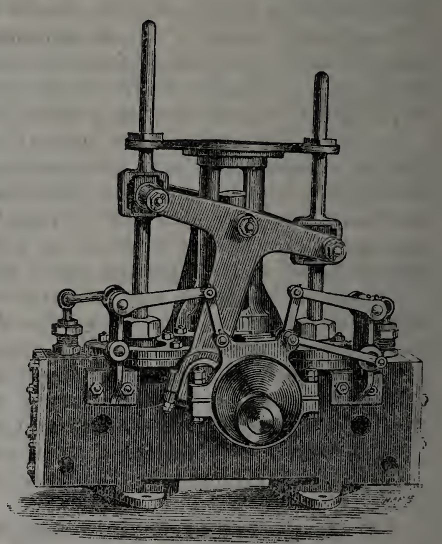


Fig. 11. — Machine à 2 cylindres jumeaux système Bernays.

Les deux tiroirs sont actionnés par un excentrique ordinaire dont le collier porte deux boutons destinés à faire mouvoir les bielles et les leviers de commande de ces tiroirs. La distance des deux boutons est calculée de telle façon que les mouvements de haut en bas sont seuls utilisés. Ce mouvement se trouve en rapport avec la course de l'excentrique comme la bielle motrice l'est avec la course de la manivelle. En d'autres termes la liaison triangulaire entre la manivelle et les deux pistons se trouve reproduite sur une plus petite échelle dans l'excentrique et les tiges du tiroir. Par conséquent, un seul excentrique suffit pour commander les tiroirs des deux cylindres et obtenir une distribution convenable de la vapeur. La pompe à air est actionnée par un

balancier que commande la tête de piston à l'aide de petites bielles, comme cela a toujours lieu en pareil cas.

Le moteur peut recevoir de nombreuses applications. M. Bernays l'emploie notamment dans les bateaux à vapeur, les yachts et même les navires de guerre. Pour une machine fixe, l'arbre moteur est placé moins bas que pour les machines de bateaux. Une machine de 760 mill., et de $1^m,372$ de course avec de la vapeur à $3^k,5$ et 55 tours produit une force de 500 chevaux. Son installation est facile en raison de l'espace restreint qu'elle occupe, eu égard à sa puissance.

J. Outridge. — Machine à vapeur dite « Box Engine » construite par M. Postlethwaite, à Egham (Angleterre). Cette machine occupe un espace excessivement restreint; presque tous les organes de mouvement sont renfermés dans une caisse formant cylindres. Ceux-ci au nombre de deux sont traversés par l'arbre moteur qui porte à l'extérieur le volant. Seuls, l'excentrique de distribution et le mouvement des soupapes d'introduction et d'échappement sont en dehors.

Le piston est creux, il est cylindrique à ses extrémités et ouvert au centre afin de donner accès à la manivelle et à ses coussinets, il est composé de deux anneaux reliés de distance en distance par des entretoises et fermé par deux disques fixes à chacune de ses extrémités, et c'est entre ces plaques que se meuvent les deux secteurs qui jouent le rôle de bielles.

L'arbre à manivelle passe transversalement dans les deux cylindres et les deux secteurs roulent presque sans frottement contre les pistons. Ces secteurs sont supportés par une couple de tiges et leurs extrémités intérieures portent les coussinets du bouton de la manivelle disposée de façon qu'on puisse rattraper l'usure.

Les tiroirs sont cylindriques, un peu coniques et placés à chaque extrémité des cylindres servant à la fois à l'échappement et à l'admission, ils sont actionnés par un excentrique dont la tige est reliée aux tiroirs par des leviers. Une coulisse permet au moyen d'un seul mouvement du levier d'arrêter la machine, de la mettre en marche ou de renverser le sens du mouvement. L'espace nuisible est faible soit $^1/_{40}$ seulement de volume du cylindre en raison du peu de longueur des conduits de vapeur.

Le graissage est très-soigneusement distribué. Tous les organes ne travaillent que par compression. Cette machine marche à 300 tours et, avec de la vapeur à 5 atmosphères, elle donne 28 chevaux et n'occupe qu'une surface de $82 \times 35 = 0^{mq},130$. Diamètre du cylindre $0^m,225$, course $0^m,150$. Très-compacte, elle tient peu de place et peut marcher à des vitesses très-grandes. Elle est simple et convient très-bien, comme les précédentes, aux navires, aux pompes rotatives et aux ventilateurs.

Le constructeur de ces machines, M. Postlethwaite, dispose le même type avec fonctionnement Compound; dans ce cas, il emploie trois cylindres fixes de même diamètre placés côte à côte dont deux servent de cylindre de détente.

Hayward Tyler, de Londres. — Machine horizontale avec détente, système Rider, de 15 à 18 chevaux. Bâti creux en forme de tube reposant sur une large base. Cylindre de $0^m,305$ de diamètre et $0^m,610$ de course sans enveloppe, boulonné en porte à faux à l'extrémité des glissières. Tête de piston en fonte avec coulisseau inférieur rapporté, dont on rattrape, au moyen d'un coin, le jeu produit par l'usure.

La distribution Rider, la particularité la plus saillante de cette machine, se compose d'un tiroir, plat du côté de la glace du cylindre, mais présentant sur la face opposée la forme d'un cylindre partiel dans lequel peut se mouvoir le tiroir de détente. Les lumières qui traversent le tiroir de distribution sont

disposées suivant une certaine inclinaison, par rapport à leur débouché dans la cavité cylindrique, tandis que le tiroir de détente se trouve aux deux extrémités découpé exactement suivant l'angle d'inclinaison de ces mêmes lumières, en sorte que si la tige du tiroir de détente vient à tourner, le tiroir tournant avec elle, l'effet produit se traduit, grâce à l'inclinaison de ses bords extrêmes, par un véritable changement de longueur du tiroir. En d'autres termes on obtient, en faisant tourner le tiroir, le même effet qu'en modifiant la distance entre les tuiles d'un tiroir de détente ordinaire, marchant sur le dos d'un tiroir d'admission. Il en résulte une ouverture plus ou moins hatée ou retardée, suivant le sens dans lequel tourne le tiroir cylindrique.

Le régulateur employé est le système Porter à double tiges commandé par courroie et roues dentées. Une des deux tiges est reliée au manchon de manière à pouvoir monter et descendre à l'intérieur de l'autre, elle porte nne crémaillère qui donne le mouvement voulu à l'axe de la valve au moyen d'un secteur denté. La tige du régulateur est chargée à sa partie inférieure d'un contre-poids qu'on peut faire varier, pour modifier à volonté la vitesse normale de la machine.

Alexander Shanks, Londres. — Ce constructeur avait exposé une machine horizontale de 16 chevaux à détente variable automatique. Le bâti extrêmement rigide est formé d'une plaque d'assise et de deux flasques verticales fondues d'une seule pièce, entre lesquelles sont placées les glissières de la tête de piston ; ces deux flasques sont percées de larges ouvertures, et leur hauteur est égale au diamètre du cylindre. Il se termine en ce point, par un retour d'équerre formant le plateau du cylindre, et sur lequel ce dernier est fixé en porte à faux, puis il s'abaisse à l'arrière pour former les deux paliers de l'arbre de couche.

Détente variable, système Shanks, à deux tiroirs et à un seul excentrique. Régulateur Cosinus. Pompe alimentaire commandée par la tête de piston.

Diamètre du cylindre	0m,324
Course du piston.	0 ,508
Nombre de tours par minute.	80
Diamètre de l'arbre de couche.	105
Diamètre du volant	1m,880

Gwynne et Cie, à Londres (pl. VII, fig. 4.) Machine horizontale à condensation. Le cylindre A placé en porte à faux, est boulonné directement sur le bâti B terminé en cet endroit par une partie cylindrique, la glissière unique et le palier ne forme qu'une seule pièce avec le bâti. Le cylindre est à enveloppe de vapeur, recouvert en bois d'acajou et à détente variable par le régulateur Porter. La manivelle est remplacée par un plateau D en dehors du palier, ce qui a l'avantage de dégager complétement la bielle C et de faciliter la surveillance des organes en mouvement.

La pompe à air E est placée derrière le cylindre et commandée par la tige du piston qui se prolonge de l'autre côté. Le tuyau P sert de condenseur .Toutes les articulations sont graissées avec des appareils automatiques.

Cette machine était combinée avec un aspirateur pour extraire le gaz des cornues.

La figure 5 pl. IX représente une autre machine de même construction, machine à grande vitesse, 70 à 300 tours par minute. Le cylindre A repose sur le bâti B qui n'a plus la forme précédente, mais la disposition des organes en mouvement, plateau-manivelle D, coulisseau C, etc., est restée la même.

Tangye frères, Birmingham. — Machine verticale de la force de 6 ch evaux

à 180 tours. Le cylindre de $0^m,200$ de diamètre et $0^m,225$ de course, est porté sur un bâti très-robuste composé de deux montants reposant une plaque d'assise et réunis à la partie supérieure par le fond du cylindre, le tout venu de fonte en une seule pièce, ce qui donne à l'ensemble une grande solidité. La tête de piston se meut entre les glissières faisant corps avec le bâti. Les coulisseaux sont montés à vis, ce qui permet d'en régler très-facilement l'écartement. Le tiroir de distribution placé sur le côté du cylindre est actionné par un excentrique. Un second excentrique commande la pompe d'alimentation fixée sur le socle du bâti.

Le régulateur système Tangye est placé sur le robinet d'arrivée de vapeur du cylindre. L'arbre moteur supporté par deux paliers a 173 $^m/_m$ de diamètre. Le volant peut servir de poulie.

En résumé, cette machine, de construction à la fois simple et solide nous a paru fonctionner dans de très-bonnes conditions.

MM. Tangye avaient en outre exposé une machine horizontale à haute pression, et quatre machines horizontales dites « Soho » de différentes dimensions.

Turner, à Ipswich (Angleterre). — Machines horizontales dites « Gippeswyk » de 2 à 8 chevaux (fig. 12). La disposition de ce type est tout différent des précé-

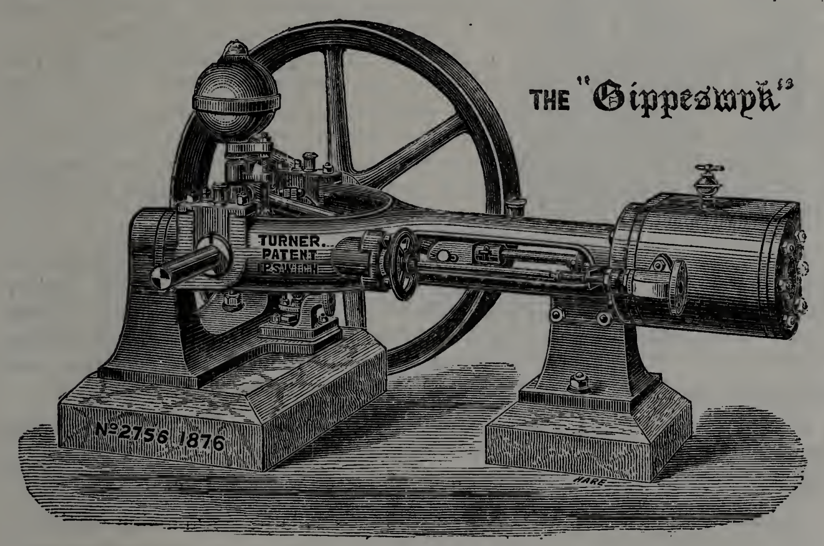


Fig. 12. — Machine Turner.

dents. Le bâti a la forme d'un Y couché, il est cylindrique à l'endroit des glissières pour servir de guide à la tête du piston, et s'évase pour le passage de l'arbre coudé auquel les deux branches servent de paliers. Ce bâti repose à l'arrière sur un support en U, et du côté du cylindre sur une sorte de petit piédestal en fonte. Quant au cylindre, il est monté en porte à faux sur la partie cylindrique du bâti, terminé en cet endroit par un disque formant plateau. La machine est facile à installer : on n'a qu'à la poser de niveau sur deux dés en pierre ou en bois, et les chocs qui se produisent entre le piston et l'arbre à vilebrequin se trouvent supportés par le châssis au centre même de la machine.

Une des particularités de la machine est le régulateur *globe* combiné avec la valve de mise en mouvement. Les boules ordinaires du régulateur sont renfermées dans une sphère creuse qui monte ou descend suivant le degré de détente, c'est-à-dire suivant la contraction des boules à raison de la vitesse. La sphère en montant ferme la valve d'admission au cylindre et ralentit la vitesse, tandis que son poids la fait retomber de suite et fait rouvrir la valve d'admission au moindre ralentissement de la vitesse.

M. Turner avait aussi exposé plusieurs modèles de ses machines verticales construites d'après une disposition analogue. Le bâti qui a conservé la forme d'un Y est ici renversé, mais le mécanisme est exactement le même. Nous les retrouverons plus loin comme moteurs mi-fixes combinés avec une chaudière.

Davey, Paxman et Cie, à Colchester. — 1° Machine verticale de 4 chevaux, dite « Standard ». Le bâti a tout à fait la forme d'un bâti de marteau-pilon, l'arbre coudé placé à la partie inférieure est supporté par deux paliers. Distribution à deux tiroirs, détente variable par le régulateur perfectionné de MM. Davey et Paxman. L'ensemble repose sur une plaque de fonte creuse, servant de réservoir d'eau chaude et dans lequel la pompe alimentaire vient prendre son eau avant de l'envoyer à la chaudière. Le cylindre est soigneusement recouvert de feutre et d'acajou. Le volant sert de poulie. (Voir aux machines demi-fixes, le type de 3 chevaux avec chaudière verticale.)

2° Machine horizontale de 6 chevaux. Elle repose entièrement sur une plaque de fonte, les glissières sont fixées par de petits supports indépendants boulonnés sur le bâti, l'arbre moteur coudé est supporté par deux paliers rapportés. Distribution à un seul tiroir avec détente variable par le régulateur, pompe alimentaire boulonnée sur le côté du bâti. Moteur compacte occupant peu d'espace, et pouvant être fixé à peu de frais sur un léger massif de fondation.

Ransomes, Sims et Head, Ipswich (Angleterre). — Machines horizontales de 6 à 10 chevaux. A peu près les mêmes dispositions que celle de MM. Davey, Paxman et Cie. Le bâti est un peu plus élevé et les glissières sont rattachées d'un côté au plateau du cylindre, distribution à deux tiroirs avec détente variable par le régulateur automatique. De 4 à 25 chevaux, ces machines sont construites avec un seul cylindre ; de 30 à 50 chevaux avec deux cylindres.

Robey et Cie, à Lincoln (Angleterre). — Machine horizontale, disposition analogue à celle de M. Davey et de MM. Ransomes et Sims.

Machine verticale type pilon, de forme légère et très-élégante.

Nicholson, à Newark (Angleterre) (fig. 13). — Jolie petite machine verticale, forme pilon. Bâti à deux montants supportant le cylindre à leur partie supérieure, réunis en bas par un socle de forme oblongue, lequel porte les paliers de l'arbre moteur, les flasques du bâti servent de glissières à la tête de piston. Le cylindre, la boîte à tiroir, le socle, le bâti et les paliers sont fondus d'une seule piéce. Les glissières et les paliers sont disposés de manière à permettre de rattraper facilement le jeu produit par l'usure. Les pistons sont garnis de deux anneaux métalliques avec ressorts intérieurs. La pompe alimentaire placée latéralement contre le socle est commandée par un excentrique calé sur l'arbre coudé. Le régulateur reçoit son mouvement par courroie. L'ensemble, d'un excellent aspect, repose sur une pierre de fondation carrée.

Clayton et Shuttleworth (Lincoln). — Deux machines horizontales, l'une de 4 chevaux, l'autre de 10 chevaux. Bâti rectangulaire à deux paliers, arbre

moteur coudé, cylindre à enveloppe de vapeur. Détente variable par le régulateur et distribution à deux tiroirs. Pompe alimentaire placée latéralement au bâti et commandée par un excentrique calé en porte à faux sur l'arbre de couche.

Ruston, Proctor et Cie, à Lincoln (Angleterre). — Rappelle le type Davey et Paxman, Clayton et Shuttleworth, par la disposition générale; même genre de bâti, de glissières, de têtes de piston, cylindre à enveloppe de vapeur. Distribution par un seul excentrique à détente variable, système Chapman.

La machine est munie d'un appareil de changement de marche. Diamètre du cylindre $0^{m},273$, nombre de tours 105.

Citons encore pour l'Angleterre, la machine horizontale à grande vitesse de *M. J. Bourne, de Londres*, dans laquelle toutes les pièces en mouvement sont équilibrées par des contre-poids.

Nous trouvons enfin pour clore la série des machines fixes étrangères :

En Hollande, la machine de 20 chevaux de *MM. Stork frères* à Hengelo. C'est une machine horizontale à condensation et à détente variable.

En Russie la machine de 12 chevaux de *M. Bellino-Fendrich d'Odessa*, la machine de *MM. Crichton et Cie à Abo, Finlande* avec chaudière et treuil à vapeur.

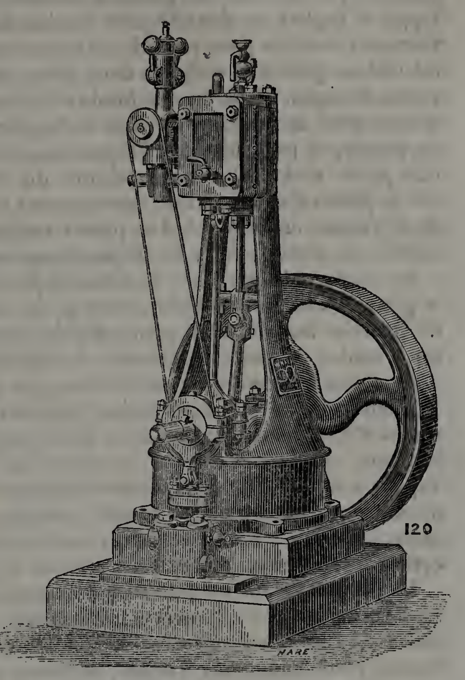


Fig. 13. — Machine Nicholson.

Les machines exécutées aux *Ateliers de construction de l'École Impériale technique de Moscou* : 1 machine de 16 chevaux, système Wanieck et Kœpner, 2 machines à trois cylindres de 13 chevaux, 3 machines de 2 chevaux avec parallélogramme et régulateur Tchebycheff (sans compter les nombreuses machines-outils faisant partie de la collection exposée). Les ateliers de l'Ecole Impériale de Moscou possèdent deux fonderies, trois machines à vapeur de la force collective de 40 chevaux.

Enfin la machine de *MM. Scholtze, Rephan et Cie, à Varsovie.* Elle se recommandait par sa forme élégante et le fini de l'exécution.

En Italie la machine à vapeur de 12 chevaux de *M. Odero, à Sestri-Ponente (Gênes)*, à condensation avec détente variable et automatique.

En Belgique la machine de *MM. Bellefroid et Lévêque*, machine horizontale à détente variable par le régulateur. Aux États-Unis les machines verticales et horizontales sans condensation de *M. Ervien, de New-York.*

Comme machines à vapeur de petite force convenant plus particulièrement à la petite industrie (sans parler des moteurs combinés avec chaudières ou moteurs demi-fixes) nous citerons les machines spéciales système Martin construites par M. Fau, diverses machines rotatives ou oscillantes et la petite machine Fenby.

J. Fau, à Bordeaux. — Machine rotative, système Martin. Cette machine constitue un moteur à entraînement circulaire direct d'une combinaison spéciale très-simple. Elle se compose essentiellement d'un cylindre limité aux deux extrémités par un plateau et dans lequel se meut un autre cylindre plein formant piston excentrique par rapport au cylindre enveloppe et ayant avec lui une génératrice de contact. Ce piston porte deux ailettes mobiles articulées et pouvant par suite de la position excentrique du piston par rapport à l'enveloppe se replier ou s'ouvrir sous l'action de la vapeur qui vient presser alternativement sur elles pour produire le mouvement circulaire. L'arbre de la machine est fixé au piston et sort des deux côtés du cylindre, par des orifices garnis de presse-étoupes. Dans un des fonds du cylindre est placé un disque à deux diamètres dont la fonction consiste à s'appliquer légèrement contre une des faces du piston, et par suite d'appliquer aussi l'autre face contre le plateau opposé. Une pièce mobile dans une rainure du cylindre servant d'obturateur, appuie sur le piston à son point de contact avec le cylindre et intercepte tout passage de la vapeur en ce point. Les pièces mobiles sont donc l'arbre, le piston, les ailettes du piston, enfin le disque compensateur.

La vapeur pénètre dans le cylindre par les deux plateaux et débouche contre le piston de chaque côté dans une gorge circulaire interrompue à l'articulation de l'ailette. Son action a pour effet de soulever l'ailette, d'en appliquer l'extrémité contre la paroi intérieure du cylindre, suivant une génératrice, et de déterminer le mouvement de rotation du piston et de l'arbre qu'il entraîne.

L'action de la vapeur à pleine pression sur chaque ailette a lieu pendant moins d'une demi-révolution et est d'autant plus courte que l'intervalle entre les deux rainures des bouts du piston est plus étendue. L'échappement de la vapeur a lieu par un orifice convenablement disposé dès que le bord de l'ailette atteint un certain point; l'espace compris entre cette ailette et l'autre se vide alors, soit à l'air libre, soit dans un condenseur, soit même dans un deuxième cylindre plus grand, si on veut réaliser le genre Woolf ou Compound.

Le compensateur est poussé par la vapeur elle-même contre le piston, par la surface de son petit diamètre; la surface annulaire étant en communication, soit avec l'air libre, soit avec le condenseur, on obtient ainsi une pression suffisante pour compenser l'usure, atténuer les fuites par les faces latérales du piston, sans déterminer un frottement trop énergique. Les deux parties circulaires de ce compensateur sont serrées par une garniture qui peut être réglée du dehors au moyen d'un anneau métallique brisé et de vis. Cette machine est susceptible de réaliser de très-grandes vitesses de rotation, sans choc et sans aucun risque de rupture. C'est ainsi qu'elle a atteint une vitesse de 2600 tours par minute à blanc, qu'elle actionne des scies circulaires montées directement sur son arbre à une vitesse de 1400 tours par minute. On a même obtenu sur des machines de petites dimensions, réalisant $^1/_{10}$ de cheval, des vitesses à blanc de 4000 tours par minute et de 1800 tours en produisant le travail auquel elles sont destinées. Toutefois nous croyons que le frottemen est assez considérable et qu'il doit absorber une partie de la force de la machine. L'usure déterminée par le frottement rôde les pièces l'une contre l'autre et tend à en assurer les contacts. Un graissage, opéré par les orifices d'introduction de vapeur, lubréfie toutes les parties frottantes intérieures. Les presse-étoupes sont munis de graisseurs spéciaux.

Le volume de cette machine est des plus réduit et son poids très-faible. Le modèle de 1 à 2 chevaux pèse 40 kilos. Le modèle de $^1/_{10}$ de cheval ou homme-vapeur pèse avec volant $3^k,00$. C'est vraiment là le moteur de la petite industrie. La machine développait une force de 4 chevaux, diamètre du piston $0^m,100$, course $0^m,300$, nombre de tours $0^m,750$.

Pour une marche de $^1/_2$ cheval on a un piston de 40 millim. de diamètre, un cylindre de 50 millim. faisant 1500 tours.

Comme moteurs à vapeur de petite industrie, il nous faut citer ensuite : la machine rotative de *M. Kientzy*; la machine oscillante de *M. Molard, de Lunéville*, à détente variable; la petite machine de $^1/_2$ cheval de *M. Cochot*; la petite turbine à vapeur de *M. Dufort*; le moteur *Perrier* pour machines à coudre.

La machine Fenby de la force de deux chevaux était exposée par *MM. Greenwood et Batley, à Leeds (Angleterre)*. Le piston à vapeur n'a que 76 $^m/_m$ de diamètre et 152 $^m/_m$ de course, mais la distribution présente un certain intérêt et peut s'appliquer à de beaucoup plus fortes machines. Elle s'opère au moyen de véritables soupapes Corliss placées comme à l'ordinaire et actionnées, celles d'admission par des cames et les deux soupapes d'échappement par un excentrique.

De ces deux cames animées d'un mouvement d'oscillation, l'une règle l'admission et l'autre la détente; la première est calée sur l'arbre à côté de l'excentrique, tandis que la came de détente est placée sur une douille qui peut glisser sur l'arbre sous l'impulsion d'un levier commandé par le régulateur et qui suit une rainure disposée en spirale. Par ce moyen, la came de détente subissant l'action du régulateur peut tourner indépendamment de la came d'introduction de vapeur et augmenter ou diminuer ainsi la période d'admission. Le mouvement se transmet des cames aux soupapes par des rouleaux montés sur des leviers verticaux dont l'extrémité supérieure se relie par des bielles aux petits leviers montés sur la tige des soupapes. Les leviers des rouleaux sont réunis dans le haut par un ressort en spirale qui appuie les cylindres contre les cames et qui par conséquent aide à la fermeture des soupapes. La position de la came détermine le moment de la fermeture et sa forme la vitesse avec laquelle cette fermeture a lieu. La garniture du piston se compose de huit petits anneaux et celle du presse-étoupe de la tige est formée d'un certain nombre de rondelles en cuivre, trente environ, sur lesquelles on opère un serrage modéré.

La tête de piston est un simple cylindre creux en fonte qui se meut dans une glissière de même forme faisant partie du bâti de la machine. Le régulateur commandé par engrenage permet d'obtenir une détente variable de $^7/_8$ au $^1/_{14}$ de la course au moyen d'un mouvement à vis à l'aide duquel on règle à la main la position du levier agissant sur la came de détente.

Divers autres constructeurs étrangers avaient exposé des moteurs à vapeur pour petite industrie, en voici la nomenclature :

En Suisse, machine rotative à détente variable et changement de marche de *M. Deck, à Bâle*.

En Russie, machine rotative de *M. Friedland, à Saint-Pétersbourg*.

En Portugal, machine de 2 chevaux de *MM. Souza Cruz et fils, à Porto*.

En Danemark, celle de 2 chevaux de *M. Frich, à Aarhus*.

En Autriche, machine motrice à colonne d'eau de la force de 1 cheval de *M. Korosi, à Gratz, Styrie*, et les petits moteurs de *M. Marcus Siegfried, de Vienne*.

En Italie, machines de la force d'un cheval de *M. Ciotti, de Palerme*, et de *M. Milesi, de Milan*.

En Amérique, petite machine de la force d'un cheval de *MM. Banner et G. Fales, de New-York*. Celle de la force de deux chevaux sur chaudière de *M. Lovegrove, de Philadelphie*.

MACHINES DEMI-FIXES.

Dans les usines et les ateliers d'une certaine importance les machines motrices sont installées d'une manière fixe, sur des massifs en maçonnerie pénétrant plus ou moins dans le sol ; les chaudières sont indépendantes, et l'installation en est faite dans les meilleures conditions possibles. Dans les petits ateliers au contraire, où il suffit le plus souvent d'une faible force de 5 à 6 chevaux, on a recours en général aux moteurs combinés avec leur chaudière et formant un ensemble qui tient peu de place, pèse un poids relativement minime, fonctionne sans bruit sensible, et peut s'installer au milieu de locaux habités. Ces machines dites *machines demi-fixes* sont intermédiaires entre les machines fixes proprement dites et les locomobiles essentiellement transportables et montées à cet effet sur des roues qui en facilitent le charroi. Leur installation réellement simple les fait préférer dans bien des cas aux machines fixes, et les constructeurs en fabriquent aujourd'hui pouvant produire jusqu'à 50 chevaux et plus. Nous allons en trouver plus loin maint exemple.

L'Exposition Universelle contenait une multitude de machines demi-fixes répandues principalement dans les annexes. La plupart ont leur chaudière disposée verticalement et ne diffèrent souvent à l'extérieur que par la disposition du mécanisme moteur. Les systèmes horizontaux se rapprochent au contraire davantage de la locomobile classique.

Cail et Cie. — Machine à deux cylindres à détente variable et à condensation par surface. Cette machine de la force de 24 chevaux a été combinée en vue de pouvoir être installée dans un espace restreint et sans fondation. Elle est à deux cylindres avec manivelles à angle droit, à détente variable et à condensation. Les dimensions principales sont :

Diamètre des pistons à vapeur. . . . . , . . .	0^{m},210
Course des pistons —	0^{m},420

La chaudière timbrée à cinq kilogrammes est tubulaire avec foyer cylindrique vertical ; la surface de chauffe totale est de 42 mètres carrés. Dans ces conditions, la machine marchant à la vitesse de 110 tours par minute, et avec une admission de vapeur à pleine pression de $^1/_5$ du volume des cylindres, fournit sur l'arbre des volants vingt-quatre chevaux effectifs.

La vapeur d'échappement est conduite dans l'intérieur de tuyaux-condenseurs à l'extérieur desquels on laisse couler un filet d'eau froide; ces tuyaux exposés aux courants d'air se refroidissent promptement par l'évaporation d'une certaine quantité de l'eau coulant à leur surface, ce qui assure à l'intérieur la condensation de la vapeur provenant de la machine; une petite pompe à air entretient le vide en aspirant l'eau distillée qui servira à l'alimentation de la chaudière. Cette pompe à air est placée sur le sol et reçoit son mouvement de la machine au moyen d'une courroie passant sur une petite poulie calée près de l'un des volants; sur le même bâti se trouve la pompe alimentaire avec clapets d'aspiration à mouvement mécanique, prenant l'eau distillée dans la bâche de la pompe à air pour la refouler ensuite dans la chaudière, et une pompe à eau seulement pour l'arrosage des tuyaux condenseurs. Il est à remarquer que cette eau d'arrosage sert indéfiniment, sauf les pertes causées par l'évaporation

à l'air ou l'entraînement mécanique dans le cas de vents intenses; ces pertes doivent alors être compensées par un apport d'eau nouvelle.

Par l'ensemble de ces dispositions, le constructeur a cherché :

1° A réduire, autant que possible, la quantité d'eau nécessaire à la condensation et à l'alimentation et, par conséquent, à pouvoir jouir des bénéfices de la condensation dans les localités où l'eau est rare et chère. Ces machines ne dépensent pas, assure-t-il, plus de 25 à 30 litres d'eau par force de cheval et par heure, tandis que la condensation exige 350 à 400 litres d'eau.

2° En recueillant l'eau de condensation de la vapenr d'échappement, on arrive à alimenter la machine avec de l'eau chaude, exempte de matière incrustante, d'où il résulte économie dans le combustible et bon entretien des tubes du générateur.

3° On provoque ainsi les dépôts de l'eau ordinaire dont on dispose sur les tubes de condenseur, c'est-à-dire sur des surfaces facilement nettoyables, même en marche, et on arrive, par conséquent, à pouvoir puiser avec sécurité dans cette eau déjà épurée, le surplus de l'alimentation de la chaudière pour compenser les pertes de vapeur dues aux fuites.

Cette machine est disposée pour pouvoir marcher à volonté avec ou sans condensation.

Weyher et Richemond, à Pantin. — Machine mi-fixe Compound à condensation, de la force de 100 chevaux, reposant sur une chaudière. Cette disposition que nous n'avons pas encore trouvée employée pour des machines aussi fortes, présente le même agencement d'organes que la machine fixe dont nous avons parlé plus haut. Le bâti, de même dimension, épouse la forme cylindrique de la chaudière sur laquelle il est solidement attaché. Mêmes cylindres, même mouvement de distribution et de détente de vapeur par le régulateur.

La chaudière est à foyer amovible, tubulaire, avec retour de flamme et dilatation complète. La grille est disposée pour brûler toute espèce de combustible. Le joint du vaporisateur avec le corps de chaudière est fait au moyen d'une rondelle en caoutchouc, ce qui rend l'opération du nettoyage très-commode et très-prompte, puisqu'il suffit de défaire ce seul joint pour retirer l'ensemble tubulaire. La dilatation des tubes du foyer est entièrement libre ; le vaporisateur est maintenu seulement à l'avant, de sorte que les tubes ne poussent jamais sur les plaques tubulaires ; on évite ainsi les fuites toujours si difficiles à étancher en pareil cas.

En résumé, cette machine se recommande comme la machine fixe par son aspect excellent, on pourrait presque dire élégant, sa disposition essentiellement pratique et son exécution soignée. Au point de vue de la dépense de combustible ($0^{k}910$ par cheval et par heure), il serait difficile d'obtenir un meilleur résultat.

Fouché et de Laharpe, à Paris. — Machine mi-fixe de 12 chevaux, avec chaudière verticale (fig. 14). Elle actionnait l'une des transmissions de la classe 52, dans l'annexe de l'avenue de la Bourdonnaye. Le moteur se compose d'un générateur de 20 mètres de surface de chauffe timbré à 7 kil., dont la vapeur sortant d'un surchauffeur arrive parfaitement sèche au cylindre, et d'une machine disposée verticalement sur le côté de la chaudière.

La chaudière (fig. 15), est formée de deux corps cylindriques, l'un vertical, l'autre horizontal. Ce dernier renferme le foyer, tandis que la partie verticale contient intérieurement un faisceau de tubes D D, ouverts aux deux bouts dans l'eau.

La position du foyer à l'intérieur permet d'utiliser complétement la chaleur rayonnante directe. La direction descendante que prennent les gaz au sortir

du foyer, aidée de la disposition des tubes, produit un mélange intime des gaz, et par suite, une combustion à peu près parfaite. La flamme circule en descendant pour n'évacuer par la cheminée C que les gaz les plus refroidis. L'eau circule en sens inverse du courant de flamme, ce qui empêche les dépôts qui se produisent d'adhérer aux parois des tubes en les accumulant au bas de la chaudière sous forme de masse boueuse qu'il est facile d'expulser par la vidange K. On remarquera que l'eau remplit l'intérieur des tubes bouilleurs et que ce sont les gaz qui circulent autour de ces tubes.

Cette chaudière est munie d'un sécheur composé d'un faisceau F de tubes en U, suspendus par leurs extrémités dans le courant de fumée et traversés constamment par le courant de vapeur recueilli en E au haut du dôme. La vapeur, en sortant des tubes, est dirigée par le tuyau G hors de la chaudière jusqu'au cylindre où elle arrive sans eau entraînée. Les fonds supérieur et inférieur sont fixés par des joints boulonnés R R, afin de visiter complétement l'intérieur et au besoin pouvoir faire les réparations nécessaires sur toutes les surfaces de chauffe. Ces dispositions permettent d'obtenir 9 à 10 kil. de vapeur par kil. de charbon brûlé sur la grille.

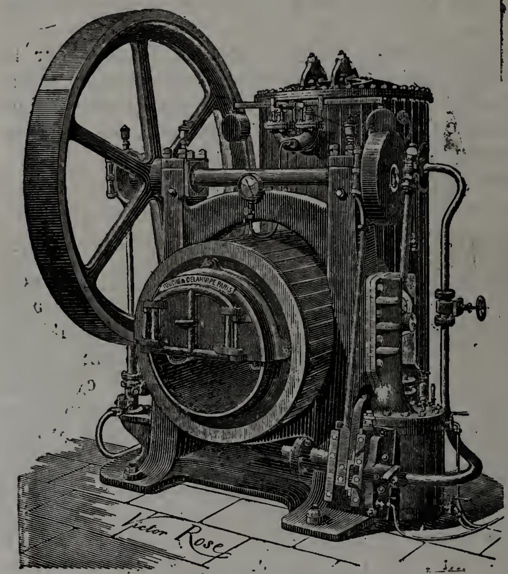


Fig. 14. — Moteur Fouché et de Laharpe.

La machine est absolument indépendante de la chaudière, en ce sens que le bâti est formé de deux robustes piliers rectangulaires creux en fonte réunis en haut et en bas par deux arcades et repose, par une large semelle, sur le massif de maçonnerie. La traverse inférieure sert en même temps à supporter le foyer du générateur. La machine ne se trouvant nulle part reliée à la chaudière, la dilatation de celle-ci peut se faire en toute liberté. La glissière a une forme spéciale, elle se termine par un plateau auquel le cylindre est suspendu par son joint boulonné, de manière à obtenir un centrage parfait et une rectitude du mouvement du piston toujours sûre. Pendant l'exposition, la tige du piston n'a usé, paraît-il, que deux garnitures de chanvre. Le conduit d'échappement ne touche pas le cylindre ; le tiroir est à double paroi avec espace vide intermédiaire absolument fermé, isolant la vapeur d'arrivée de celle d'échappement pour éviter la perte de chaleur par conductibilité. Le cylindre est recouvert de feutre et de douves en bois. La manivelle est remplacée par un plateau circulaire en fonte avec contre-poids pour équilibrer les actions perturbatrices de la bielle.

Il est de notoriété que les distributions sont susceptibles de se dérégler par l'usure des articulations sans qu'on puisse les vérifier et les régler autrement qu'en démontant certaines parties de la machine. M. de Laharpe a imaginé un mode de distribution dit *à répétition* (fig. 16) par lequel le mouvement de distribution est constamment rendu visible à l'extérieur, disposition permettant de

reconnaître à tout instant les dérangements qui peuvent survenir, et par cela même, de pouvoir y remédier. A cet effet, le tiroir de distribution est conduit par un bras B faisant corps avec un coulisseau A qui se meut sur le dos de la boîte à tiroir et sert ainsi de guidage très-exact au tiroir. Ce coulisseau est également relié au pied de la barre d'excentrique sans articulation, mais au moyen d'une lame de ressort M permettant l'oscillation sans donner aucun jeu,

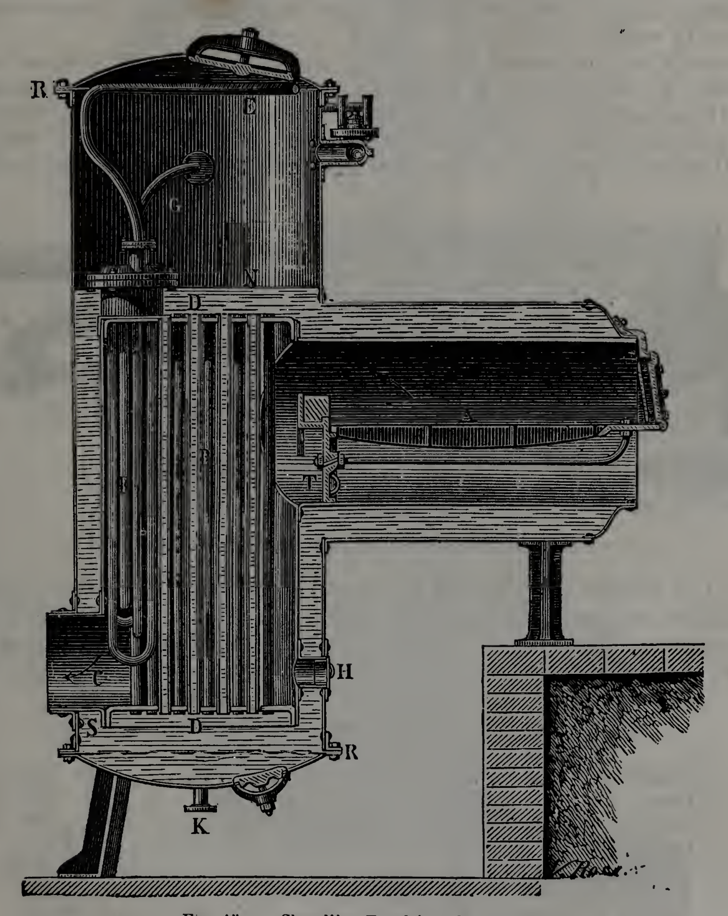


Fig. 15. — Chaudière Fouché et de Laharpe.

et comme il suit ainsi constamment le mouvement du tiroir; dont la coupe exacte D est extérieurement reproduite en relief, tandis que l'une des règles K qui maintiennent le coulisseau, celle qui se trouve en contact avec la coupe ci-dessus, représente la glace du cylindre; en sorte que la position du tiroir extérieur correspond exactement à chaque instant à celle du tiroir intérieur. Il en résulte qu'on peut régler ou vérifier la distribution sans démonter aucun joint, en observant la marche du tiroir pendant un seul tour de la machine.

L'arbre moteur est supporté par deux paliers avec coussinets en trois parties dont on règle facilement l'usure au moyen de coins commandés par des vis. A l'une des extrémités se trouve calé le plateau-manivelle, l'autre porte le volant-

poulie et tout-à-fait à l'extérieur l'excentrique qui commande la pompe alimentaire.

Le régulateur système Larivière, d'une très-grande sensibilité, donne à la machine une régularité parfaite. La pompe alimentaire aspire de l'eau froide réchauffée à 90 degrés par l'échappement de la vapeur avant d'entrer dans la chaudière. La compression dans le cylindre est elle-même utilisée pour réchauffer à chaque coup le cylindre à une température qui se rapproche de celle de la vapeur d'admission.

Il résulte des nombreuses expériences faites à l'indicateur de Watt sur cette machine, qu'elle produit, en admettant un rendement de 0.73, un travail de 16 à 18 chevaux-vapeur sur l'arbre du volant avec une dépense en moyenne par jour de 150 kilogr. de charbon tout venant, ce qui correspond à 1k33 par cheval et par heure, résultat excellent qu'il faut attribuer en partie, croyons-

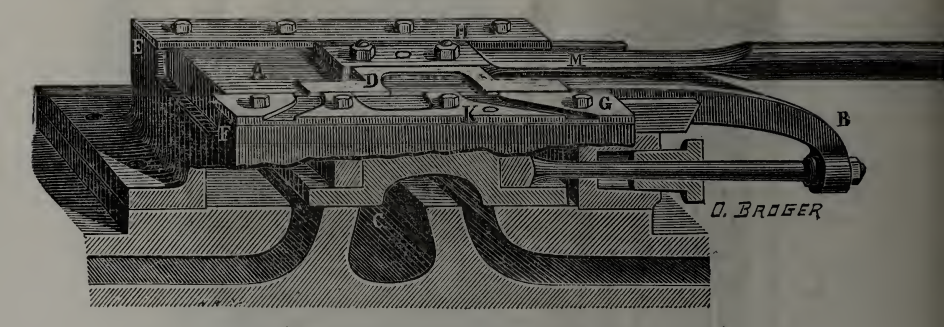


Fig. 16. — Distribution à répétition (système de Laharpe).

nous, à la simplicité de la machine, dont les surfaces de frottement sont par parenthèse largement établies, au réchauffement de l'eau d'alimentation et à la disposition ingénieuse de la chaudière, sous un volume relativement restreint, et enfin, aux soins apportés dans la construction de ces machines.

Conditions générales d'établissement.

Diamètre du cylindre	0m,288
Course —	0 ,296
Diamètre du volant	1 ,800
Détente fixe moyenne	1/3
Vitesse	100 tours.
Timbre	7 kil.
Surface de chauffe du foyer	1m²,22
— des tubes bouilleurs	13 ,90
— des tubes sécheurs	1 ,66
— du corps tubulaire	3 ,22
— totale	20 ,00
Surface de grille	0 ,60
Nombre des tubes bouilleurs	79

MM. Fouché et de Laharpe, avaient également exposé un moteur du même système de la force de 6 chevaux.

Bréval, à Paris. — La machine portative du système qui était exposé au Champ-de-Mars (fig. 17), présente par sa disposition verticale et la forme de son

bâti, un ensemble très-solide, d'une installation facile et peu coûteuse n'importe dans quel endroit.

Le bâti A est d'une seule pièce de fonte et porte les principaux organes qui constituent le moteur proprement dit. Il est ajusté sur la chaudière C à laquelle

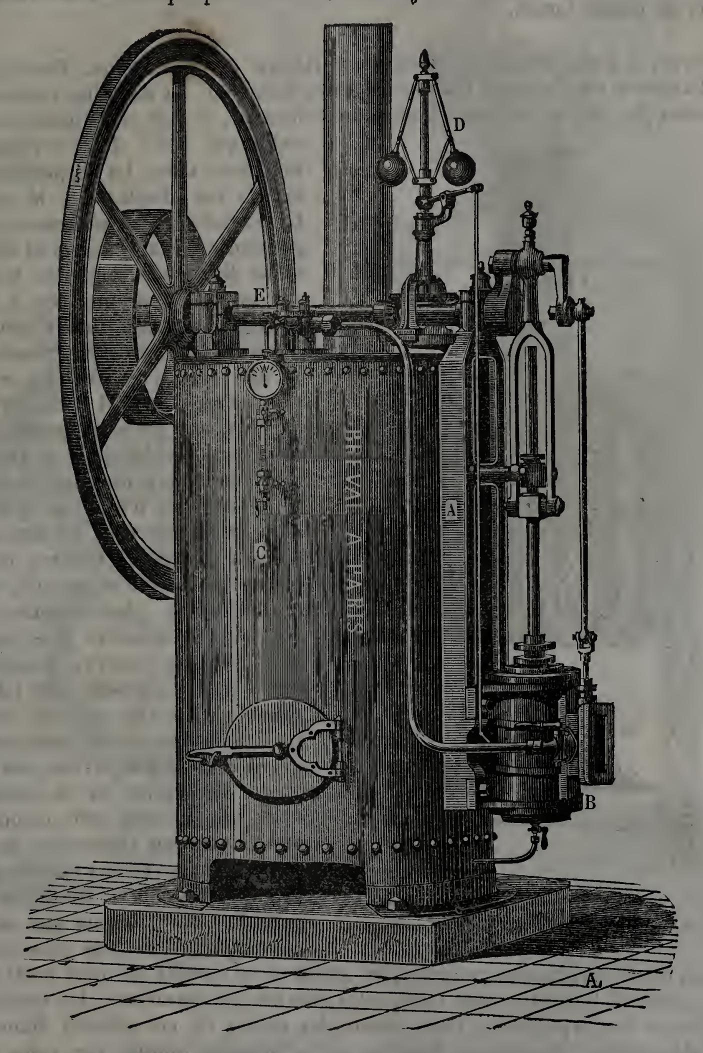


Fig. 17. — Moteur Bréval.

il est fixé par quatre vis. Le cylindre B, placé en bas, n'offre ainsi que la distribution rien de particulier. Le régulateur ordinaire D agit sur un papillon placé dans la tubulure qui porte le robinet d'introduction de vapeur entre ce robinet et la boîte à tiroir. L'arbre moteur E est disposé au-dessus de la chaudière. Pour les machines au-dessous de 6 chevaux, la détente est fixe. Au-dessus, la détente est variable et le régulateur agit non plus sur un papillon mais sur une came dont l'axe traverse le couvercle de la boîte du tiroir.

Ce type de machine est pourvu d'un bac à eau chaude dans lequel l'eau arrivant froide de la pompe, se chauffe à 70 degrés au contact de la vapeur d'échappement du cylindre. La chaudière est très-simple ; elle se compose d'un corps cylindrique intérieur formant le foyer et de deux bouilleurs transversaux de même forme.

Rikkers, à Saint-Denis. — Machine portative de 20 chevaux. Fonctionnait dans l'annexe de l'avenue Labourdonnaye, classe 60. La machine représentée ci-dessous (fig. 18) ne diffère point comme moteur, à part les dimensions, de celle qui a été décrite parmi les machines fixes. La disposition générale est absolument la même. La chaudière complètement indépendante de la machine et simplement fixée par quelques boulons sur un socle commun est à tubes pendants à circulation d'eau. Elle est verticale, de forme cylindrique. A l'intérieur se trouve le foyer A entouré d'eau. Le ciel B du foyer est percé d'une série d'ouvertures où sont emboutis les tubes C. Ces derniers en cuivre ont une forme en U à branches d'inégale épaisseur dont le diamètre va en diminuant d'une extrémité à l'autre ; ils sont placés suivant des rayons, et les branches les plus étroites sont courbées de manière à se rapprocher vers le centre, constituant dans leur ensemble au faisceau tubulaire qui fait obstacle au passage de la flamme du foyer en obligeant celle-ci à se diviser entre eux avant de gagner la cheminée D.

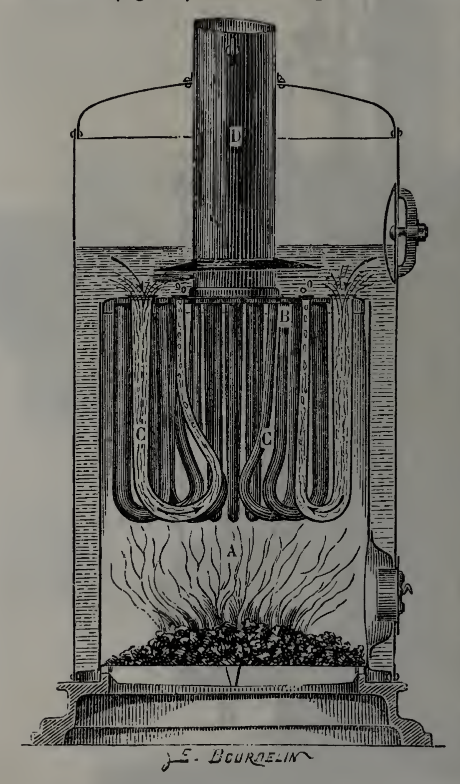


Fig. 18. — Chaudière du moteur mi-fixe Rikkers.

On obtient avec cette disposition une circulation très-active de l'eau dans les tubes : dans chacun d'eux la branche du petit diamètre offre pour le même volume une surface de chauffe beaucoup plus grande que dans la grosse branche ; en effet, les surfaces de chauffe de deux portions de tubes égales en longueur sont entre elles comme les diamètres ; les sections et les volumes correspondants sont comme les carrés de ces mêmes diamètres. L'eau s'échauffant davantage dans la petite branche monte, par suite de sa moindre densité, et un courant s'établit immédiatement dans le tube, courant qui acquiert au moment de la formation de la vapeur une rapidité très-grande. Avec cette disposition on obtient aussi une dilation libre des tubes, ce qui diminue les chances de fuites. De plus la mise en pression se fait très-rapidement.

La moyenne de la vaporisation dans ce genre de chaudière est de 5 à 6 litres d'eau.

Diamètre du cylindre 0,330, course du piston 0,330, nombre de tours 80.

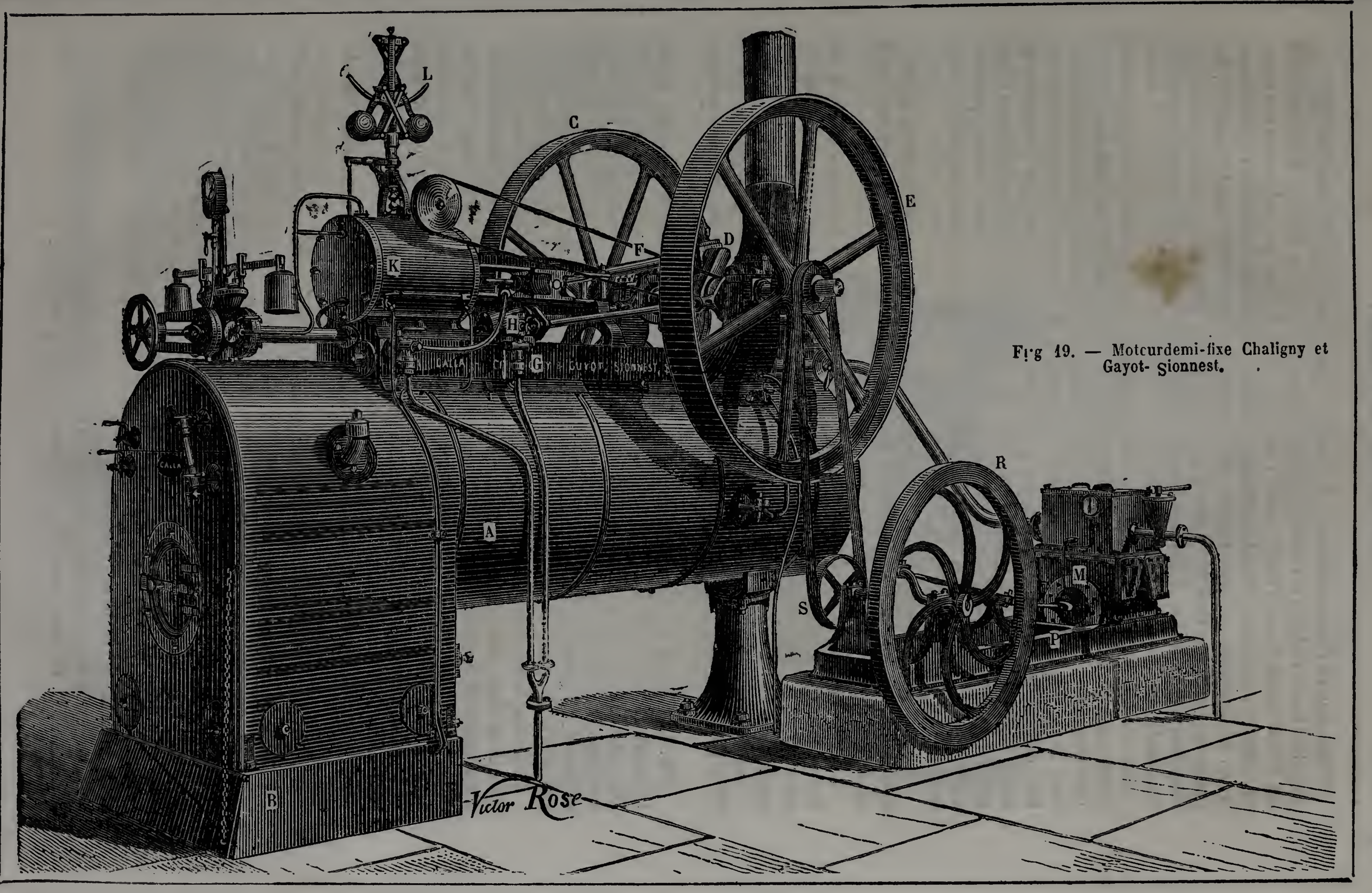


Fig 19. — Moteur demi-fixe Chaligny et Gayot-Sionnest.

Chaligny et Guyot-Sionnest, à Paris. — Machine de la force de 20 chevaux (fig. 19.) Dans ce type de moteur portatif, le générateur A sert de soubassement au mécanisme, il est à foyer carré ; le corps cylindrique qui renferme les tubes en laiton est disposé horizontalement comme dans les chaudières de locomotives. L'ensemble est monté sur un support en fonte B formant cendrier. La porte du cendrier sert de registre pour régler le tirage. La surface de grille très-grande, la boîte à feu spacieuse, permettent de brûler toute espèce de combustibles.

La chaudière est timbrée à 6 kilogrammes. La puissance de vaporisation s'élève à 8 ou 9 kilogrammes de vapeur pour 1 kilogramme de charbon brûlé. Le mécanisme est porté tout entier sur un bâti unique C, rattaché au générateur par des goujons rivés; l'arbre à vilebrequin D dépasse de chaque côté du bâti et peut porter, outre les deux poulies-volants E, des poulies motrices; la bielle F est solidement fixée à la tête de piston G à double coulisseau ; une pompe H refoule l'eau dans un réchauffeur où circule la vapeur d'échappement et un robinet à trois voies garantit contre le désamorçage, en entretenant constamment la circulation d'eau.

Dans cette machine à détente variable par le régulateur, le cylindre K est à double enveloppe avec réchauffeur; la distribution par tiroirs surperposés et à came est réglée par un régulateur isochrone L.

Le condenseur M est à injection d'eau; porté sur un bâti indépendant P, il se compose de la chambre de vide, d'une pompe à air et de ses boites à clapets, d'un arbre à vilebrequin portant d'un côté un volant R et de l'autre la poulie motrice S. La commande du condenseur se fait par courroie.

Capacité de la chaudière 2^{mc}. Surface de chauffe $21^{m^2},10$, surface de grille $0^{m^2},57$. Course du piston $0^m,450$. Diamètre du cylindre $0^m,280$. Nombre de tours 80.

MM. Chaligny et Guyot-Sionnest avaient exposé une autre machine identiquement construite sur le même type, mais avec deux cylindres détendant l'un dans l'autre et se comportant comme les machines Compound. L'admission est variable à la main dans le petit cylindre; une double enveloppe réchauffe le grand cylindre; un régulateur ordinaire agit sur la valve équilibrée. Diamètre du petit cylindre $0^m,190$, diamètre du grand $0^m,335$, course $0^m,450$.

Leur machine verticale de 2 à 8 chevaux (pl. IX, fig. 2) dont plusieurs échantillons se trouvaient réunis au Champ de Mars, se compose d'un générateur et d'un appareil moteur. Le générateur vertical C (système Field) complétement indépendant du mécanisme repose sur un socle en fonte S qui sert de soubassement au mécanisme, de cendrier à la chaudière et en même temps de bâche à eau. Du ciel du foyer descendent des tubes plongeants, présentant une grande puissance de vaporisation.

La porte du cendrier et un obturateur à la naissance de la cheminée sur le ciel du foyer servent à régler le tirage.

Quant au mécanisme il est porté par deux bâtis B en forme d'A et se compose d'un cylindre A avec distribution par un seul tiroir à détente fixe; d'une bielle droite F solidement attachée à une tête de piston à un seul coulisseau; d'un arbre à manivelle M portant un volant-poulie. Le mécanisme est placé verticalement sur un des deux bâtis, le cylindre A à la partie inférieure est légèrement incliné. La pompe alimentaire H est située du côté opposé au cylindre et son piston commandé par un excentrique K. Le régulateur L à boules agit sur le papillon du robinet de mise en marche placé sur la chaudière d'une manière indépendante du reste du mécanisme.

La capacité des chaudières varie de 215 à 560 litres, la surface de chauffe de $3^m,9$ à $8^m,50$, et la surface de grille de $0^{m^2},4050$ à $0^{m^2},9250$.

Diamètre du cylindre 0m,110 à 0m,150, course du piston 0m,220 à 0m300, nombre de tours 125.

Hermann-Lachapelle, à Paris. — 1° Machine horizontale à condensation à deux cylindres de la force de 20 chevaux, était en mouvement dans la classe 51, matériel agricole, galerie annexe de la Bourdonnaye (fig. 20). La disposition diffère de celle de la machine fixe; ici les cylindres sont placés en prolongement l'un de l'autre agissant sur une seule bielle et une seule manivelle, avec tiroir unique de distribution commandé par excentrique. Son socle-bâti est indépendant du générateur : Il est fondu d'une seule pièce et rigidement maintenu par des cerceaux disposés autour de la chaudière, il n'y a ni boulonnage, ni joint. Les deux cylindres sont, avons-nous dit, fixés bout-à-bout, la vapeur après avoir travaillé dans le petit cylindre, déjà avec détente, se rend dans le grand où elle continue de se détendre; les choses se passent ici, comme on le voit, absolument de la même façon que dans les machines Woolf; les deux cylindres ont un fond commun; la vapeur agit entre ce fond et alternativement, soit le petit piston, soit le grand. Cette disposition a permis de relier le petit piston directement à la bielle sans l'intermédiaire de tiges, ni presse-étoupe, ce petit piston servant en même temps de coulisseau, tandis que le petit cylindre sert de glissière ou directrice.

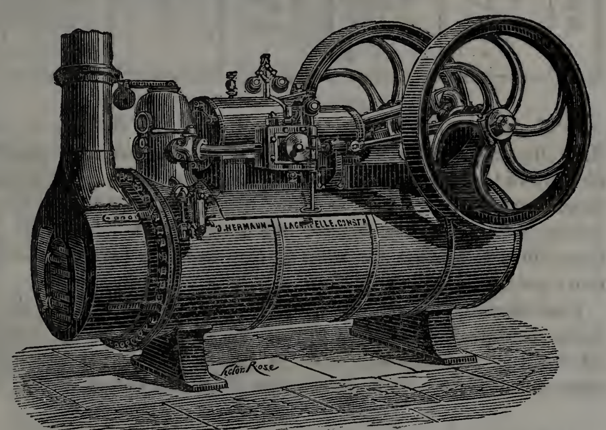


Fig. 20. — Machine mi-fixe à 2 cylindres, Hermann-Lachapelle.

Quant au grand cylindre, l'extrémité dans laquelle n'agit pas la vapeur, a été fermée et mise en communication avec le condenseur. Les orifices d'admission et d'émission placés de chaque côté du fond de séparation des cylindres sont très-courts, les espaces nuisibles sont presques nuls. Les deux cylindres sont à double enveloppe de vapeur. Un seul tiroir distribue la vapeur dans les deux cylindres, il est placé en contre-bas pour faciliter l'écoulement de l'eau de condensation sans purgeurs. Régulateur Andrade.

Le condenseur et la pompe à air sont installés sous l'arbre du volant qui imprime directement le mouvement à la pompe.

La chaudière est tubulaire à foyer intérieur amovible, à retour de flamme et à dilatation libre (système Thomas et Laurens perfectionné). Le générateur proprement dit et l'enveloppe sont réunis par un seul joint extérieur à brides serrées par des boulons et entre lesquelles se trouve intercalée une rondelle en caoutchouc; ce qui rend le nettoyage facile, et les fuites peu fréquentes. Ce type de machine peut se transformer aisément en machine locomobile montée sur roues.

Le tableau suivant indique la force, les dimensions et la vitesse des machines horizontales demi-fixes construites sur ce système, par M. Hermann Lachapelle.

FORCE EN CHEVAUX.	PISTONS.			VITESSE. — Nombre de tours.	DIAMÈTRE des volants.	CONSOMMATIONS.	
	DIAMÈTRE		COURSE.			CHARBON.	EAU pour la condensation.
	Petit.	Grand.					
						kil. par cheval et par heure.	lit. par cheval et par heure.
12	0m,185	0m,370	0m,390	115	1m,55	1k,500	300
15	0 ,200	0 ,400	0 ,420	105	1 ,70		
20	0 ,220	0 ,440	0 ,450	110	1 ,90	à	à
25	0 ,245	0 ,490	0 ,500	90	2 ,20		
30	0 ,265	0 ,530	0 ,550	80	2 ,65	1k,200	500

2° M. *Hermann-Lachapelle* construit aussi des machines horizontales demi-fixes (fig. 21) à cylindre unique. Le bâti est, comme toujours, indépendant de la chaudière; il porte deux paliers, une glissière à deux flasques, le cylindre est à enveloppe de vapeur, et le tiroir de distribution à détente variable par le régulateur Andrade. La vapeur d'échappement réchauffe l'eau d'alimentation. Chaudière tubulaire à retour de flamme et à foyer amovible. Le tout repose sur deux patins.

Une machine de ce genre, de la force de 6 chevaux à détente variable à la main (la détente variable par le régulateur n'étant appliquée qu'à partir de 10 chevaux) fonctionnait dans la classe 51, galerie annexe de la Bourdonnaye (côté de la Seine) de concert avec plusieurs locomobiles.

3° *Machine verticale de la force de 20 chevaux* (fig. 22). — Diamètre du cylindre 0m,300, course 0m,450, nombre de tours 85. Ce type est très-répandu, et depuis vingt ans il fonctionne dans tous les genres d'ateliers. Le mécanisme est porté par un socle-bâti A qui l'isole de la chaudière B, et qui, s'élevant en forme de demi-colonne, encadre la chaudière et donne à l'ensemble de l'élégance et de la stabilité. Le cylindre à enveloppe de vapeur est placé à la partie inférieure et porte la glissière directrice D de la tête de piston fondue d'un seul jet avec le couvercle, l'arbre moteur E est porté par deux paliers F fixés sur l'entablement G qui relie les colonnes du bâti à leur partie supérieure au-dessus de la chaudière. Le mécanisme n'offre autrement rien de particulier, les articulations sont à rotule sphérique et joignent à une extrême solidité l'avantage de réduire les frottements. Régulateur Andrade K à force centrifuge disposé dans un cercle en fonte au-dessus de l'entablement. Le mouvement est donné de l'arbre moteur par un engrenage helicoïde au papillon de la mise en train L.

La chaudière est à bouilleurs croisés et à foyer intérieur; le feu y est enfermé dans un foyer circulaire dont les parois sont baignées par l'eau, les bouilleurs brisent la flamme, et les gaz produits par la combustion se trouvent ainsi retenus assez longtemps pour se mélanger intimement à l'air et se brûler avant d'arriver à la cheminée, il se forme ainsi peu de fumée.

La chaudière de la machine de l'Exposition était à tubes pendants, système Field. La pompe alimentaire M est placée du côté opposé au cylindre, et commandée par un excentrique N. Un bac réchauffeur derrière la chaudière sert de réservoir d'alimentation à la pompe qui y puise l'eau à 70 degrés environ, paraît-il. Une collection de machines de ce type depuis 1 jusqu'à 6 chevaux était exposée dans la classe 54, annexe de la Bourdonnaye.

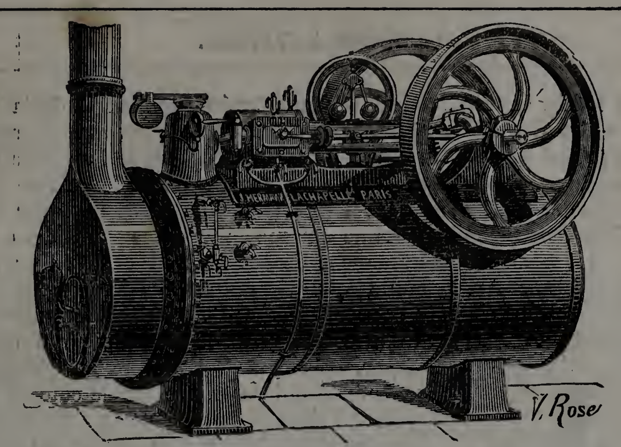


Fig. 21. — Machine mi-fixe à un seul cylindre (Hermann-Lachapelle).

Fig. 22. — Moteur mi-fixe vertical (Hermann-Lachapelle).

Wibart, à Paris. Moteur vertical à chaudière indépendante, de la force de 4 chevaux. — La disposition générale en est assez curieuse. Une grosse colonne en fonte rappelant celle des machines fixes de Farcot ou de Fairbairn forme le bâti de la machine, et c'est dans l'intérieur que se trouve encaissée la chaudière. Celle-ci se compose d'une enveloppe cylindrique avec un foyer intérieur et un gros bouilleur suspendu comme une marmite descendant dans le foyer au ciel duquel il est relié par un anneau de fer. Le fond du bouilleur reçoit le coup de feu et fait écarter la flamme et les gaz qui lèchent complétement les parois intérieures du foyer. Un cuissard met cette capacité remplie d'eau en communication latéralement avec la partie de la chaudière qui entoure le foyer. Ce cuissard est placé au-dessous de la cheminée qui se trouve sur le côté de la chaudière. L'obstacle qu'il forme en cet endroit oblige la flamme et les gaz à se diviser et les empêche de sortir par la cheminée avant qu'ils aient cédé leur calorique au bouilleur et à la chaudière.

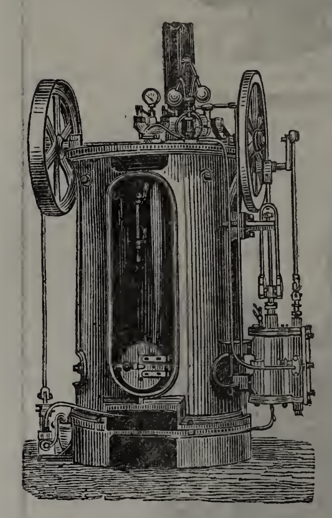


Fig. 23. — Moteur mi-fixe Wibart.

Cette chaudière présente l'avantage de contenir un volume d'eau plus grand que dans la plupart des petits générateurs verticaux; mais on comprend avec quel soin elle doit être construite pour que les dilatations n'amènent pas de fuites à la jonction supérieure. Sept ou huit ouvertures sont disposées sur le pourtour pour rendre le nettoyage facile. En raison de la grande masse d'eau le niveau de l'eau baisse lentement, et les chances d'explosion sont moins à craindre. Le foyer est très-spacieux et on peut y brûler toute espèce de combustible. La colonne-bâti creuse dont nous avons parlé plus haut, porte extérieurement tous les organes du mouvement. Elle est fixée sur un socle qui sert en même temps de réservoir d'eau pour l'alimentation et de cendrier. Les parois intérieures de ce socle se trouvent chauffées par le rayonnement des barreaux du foyer et portent l'eau à une température assez élevée.

L'arbre moteur tourne dans des coussinets en bronze placés à la partie supérieure de la colonne et passe en-dessus de la chaudière. Il porte d'un bout un volant servant de manivelle, et de l'autre bout un deuxième volant servant de poulie-motrice.

Cylindre à grande course, distribution à deux tiroirs à détente variable par le régulateur et commandés par deux excentriques en porte à faux; bielle à fourche, tête de piston avec coulisseaux se mouvant sur une double glissière fixée au cylindre d'une part et au bâti de l'autre. La pompe alimentaire montée sur le socle y prend l'eau chaude et l'introduit dans la chaudière.

Dimensions principales de la machine.

Diamètre du cylindre	0m,175
Course du piston	0 ,400
Nombre de tours	95
Diamètre de la chaudière extérieure	0m,900
— — intérieure	0 ,720
— du bouilleur vertical	0 ,639
Hauteur totale de la chaudière extérieure	1 ,865
— — intérieure	1 ,495

Hauteur totale du bouilleur	1 ,025
— du dessus de la grille au fond du bouilleur	0 ,380
Surface de chauffe	5^{m2},26
Surface de grille	0 ,1070
Contenance de la chaudière	710 litres.
Timbre de la chaudière	6 kilog.

Un joli modèle de machine à vapeur verticale (pl X, fig. 5) est celui que nous avons vu dans les ateliers de M. Wibart (ce type n'était pas exposé au Champ-de-Mars), mais que nous n'avons pas connu assez tôt pour le classer au chapitre des machines fixes. Le bâti creux A, à base carré, s'élève en forme de prisme à jour sur ses quatre faces et supporte à la partie supérieure le cylindre B et le régulateur H. Deux paliers E, solidement fixés sur le socle, portent l'arbre à vilebrequin recevant une poulie à chacune de ses extrémités. La colonne bâti sert de coulisseau à la tête de piston sur laquelle s'articule la bielle à chape F. Distributeur à un seul tiroir commandé par la bielle d'excentrique G. Le régulateur ordinaire H reçoit son mouvement par la courroie I, et vient agir sur la tringle du papillon du robinet d'admission par l'intermédiaire d'une paire de roues d'angle et d'un double levier. Ce moteur est très-robuste, bien établi pour fonctionner sans secousse et avec régularité.

Crespin et Marteau, à Paris. — Machine montée sur chaudière horizontale. La chaudière système Thomas et Laurens, se compose d'un corps cylindrique ouvert à l'avant et fermé à l'arrière par un fond embouti. A l'intérieur est un foyer terminé par une chambre d'un plus grand diamètre, qui lui est reliée par un joint boulonné. De cette chambre partent sur le dessus, parallélement au foyer, des tubes, qui reviennent à l'avant dans une boîte à fumée en communication avec la cheminée. Deux cornières rivées à l'avant, l'une sur le corps cylindrique et l'autre sur le foyer, permettent de faire le joint des deux parties au moyen d'une grande rondelle en caoutchouc. L'axe du foyer est situé un peu au-dessous de celui de la chaudière, de sorte qu'il reste au-dessus du niveau de l'eau une petite chambre de vapeur. Les produits de la combustion, sortant du foyer, viennent se brasser dans la capacité du fond par suite du changement de direction qui leur est imposé, reviennent à l'avant par les tubes et s'échappent dans la cheminée.

Quant à la machine, elle surmonte la chaudière suivant la disposition ordinaire des locomobiles. Le cylindre et tout le mécanisme reposent sur un bâti à double palier. Cylindre à enveloppe de vapeur. Glissières de tiges de pistons isolées du cylindre. Arbre à vilebrequin. Détente variable jusqu'au $^1/_{20}$. Régulateur parabolique.

Consommation maxima de 10 à 12 kilogrammes de vapeur par cheval et par heure.

Consommation de charbon de 1^k,3 à 2,5 suivant la force de la machine.

Aubert, à Paris. — 1° Machine fixe verticale de 15 chevaux. Le cylindre et le mouvement sont attachés extérieurement à une colonne creuse évidée sur ses faces, de manière à rendre tous les organes accessibles. Détente Meyer. Régulateur à grande vitesse système Porter (n'a pas été mentionnée parmi les machines fixes).

2° Machine demi-fixe de 15 chevaux. Le cylindre et le mouvement sont fixés sur un bâti vertical à deux paliers solidement attaché à la chaudière. Détente Meyer à deux tiroirs. Régulateur Porter. Arbre moteur coudé.

3° Machine demi-fixe de 6 et de 10 chevaux. Même disposition générale. Ici

la détente est variable à la main et composée d'un tiroir principal d'admission et d'un tiroir ou plaque de détente analogues à ceux du système Meyer. Mais le degré de détente dépend de l'angle de calage des excentriques qui font mouvoir ces tiroirs. Leur position relative se règle à la main par un boulon qui les relie ensemble, l'excentrique du tiroir d'admission étant fixe sur l'arbre moteur et celui qui commande la plaque de détente fou sur le même arbre et rendu solidaire au premier à l'aide du dit boulon. Tous les organes en mouvement sont en acier.

Ces différentes machines sont munies d'un réchauffeur d'eau d'alimentation. Les chaudières verticales sont à tubes mobiles Berendorf parfaitement étanches sans vis, bagues, ni mastic, pouvant se démonter un à un, et se remplacer indistinctement l'un par l'autre, ce qui rend les réparations promptes et faciles. Ces tubes sont renforcés à chaque extrémité par une bague légèrement conique qui sert à les ajuster et à les serrer sur les plaques, la bague de sortie est plus forte que celle d'entrée. Le montage et le démontage se font au moyen d'une tige en fer taraudée à ses deux extrémités et portant à chaque bout une rondelle et un écrou; en serrant sur le tube, on fait entrer les bagues coniques qui appuient sur les plaques et maintiennent ainsi l'étanchéité.

Fig. 24. — Chaudière de moteur mi-fixe Chaudré.

Chaque chaudière est munie de deux soupapes de sureté, d'un niveau d'eau avec robinet purgeur, de deux robinets de jauge, et d'un manomètre. Un trou d'homme et des bouchons autoclaves permettent le nettoyage fréquent de la chaudière.

Chaudré, à Paris. — Machine demi-fixe à mouvement horizontal et chaudière verticale. Le mécanisme est complétement indépendant de la chaudière. Tous deux reposent sur un socle-bâti creux servant de réservoir réchauffeur. Le cylindre et le mouvement sont placés horizontalement sur le bâti à côté de la chaudière, l'arbre moteur reposant sur deux paliers passe derrière et porte d'un côté le plateau-manivelle sur le bouton duquel est articulée la bielle, et de l'autre une poulie-volant. Sa chaudière verticale (fig. 24) est complétement indépendante du mécanisme. Le foyer A est enveloppé d'eau et les tubes sont

ici remplacés par deux bouilleurs, l'un horizontal B, l'autre vertical C, autour desquels circulent la flamme et les gaz chauds avant de s'échapper dans la cheminée. Cette disposition rappelle celle que nous avons vue dans les chaudières Bréval.

Brouhot, à Vierzon. — 1° Machine horizontale demi-fixe de 8 chevaux (conduisait des batteuses). C'est une locomobile montée sur patins. Le foyer est vertical et le corps tubulaire horizontal, le cylindre et le mécanisme sont montés sur une table en fonte reposant sur la chaudière. Deux paliers, arbre à vilebrequin, détente variable, régulateur, bâche d'alimentation placée sous la chaudière.

2° Machine verticale demi-fixe de 2 chevaux. Le cylindre est fixé à la partie inférieure d'une plaque verticale, tandis que l'arbre moteur, placé à sa partie supérieure et en avant, se trouve supporté par deux paliers reliés ensemble en forme de double console.

L'arbre dépasse de chaque côté pour recevoir une poulie; le tiroir de distribution et la pompe alimentaire sont commandés par excentrique. La chaudière à tubes bouilleurs ne présente rien de particulier. Elle est montée sur un socle carré évidé à l'endroit du cendrier.

H. Fontaine, à Paris. — Nous pouvons ranger parmi les machines demi-fixes le petit moteur exposé par M. H. Fontaine. Moteur domestique très-bien conçu. Il est disposé verticalement et chauffé au moyen du gaz d'éclairage. Le générateur est formé d'un corps cylindrique, d'une boîte à fumée intérieure et d'un faisceau tubulaire en cuivre. Les fonds sont boulonnés sur les collerettes qui terminent le corps cylindrique à ses deux extrémités. La machine est installée sur le fond supérieur qui porte également le robinet de prise de vapeur et le régulateur de pression. La chaudière repose sur un socle en fonte; elle est garnie d'une enveloppe de feutre et de bois. Le gaz se consume dans vingt-quatre chandelles placées sous les tubes que traversent les produits de la combustion. Ceux-ci arrivés à la boîte à fumée redescendent par un tube central d'un plus gros diamètre pour se rendre à la cheminée reliée à la chaudière par un tuyau horizontal, qu'on peut allonger plus ou moins suivant la disposition du local.

Le gaz arrive au robinet placé sur le fond supérieur de la chaudière, traverse un régulateur de pression et se rend de là aux brûleurs Bunsen. Le régulateur sert à modérer la combustion lorsque la pression atteint la limite qu'elle ne doit pas dépasser. A cet effet, un tube plissé en cuivre très-élastique est fixé sur le couvercle de la chaudière et retenu d'autre part par un poids qui plonge dans le réservoir de vapeur. Le poids équilibre la pression maximum de la vapeur. L'écoulement du gaz se proportionne automatiquement à la dépense de vapeur, et lorsque la machine ne tourne pas ou que le travail résistant diminue, la longueur des flammes diminue ou devient presque nulle. Dans le cas contraire, les flammes s'allongent, autrement dit le débit de gaz est plus grand. Ce régulateur remplit l'office d'une soupape de sûreté, en ce sens que la tension de la vapeur ne peut jamais dépasser la limite qu'on s'est fixé d'avance.

Ce petit moteur, de la force de 6 kilogrammètres, contient l'eau nécessaire pour fonctionner pendant quatre heures, et consomme environ 130 litres de gaz par kilogrammètre et par heure.

La machine proprement dite est du système vertical avec détente par recouvrement. Le bâti, le cylindre, la glissière et le palier ne forment qu'une seule pièce de fonte.

Cette machine fonctionne sans bruit et d'une façon très-régulière. C'est une véritable bouillotte d'environ $0^m,300$ de diamètre sur $0^m,800$ de hauteur.

Clayton et Shuttleworth, à Lincoln. — Les moteurs demi-fixes de ces constructeurs sont de véritables locomobiles rendues fixes par la substitution de supports métalliques aux roues. Le support sous le corps cylindrique horizontal sert de réservoir réchauffeur d'eau; celui de la boîte à feu sert de cendrier et contient de l'eau pour éteindre les cendres. La chaudière du genre de celle des locomotives, corps cylindrique et foyer, porte le cylindre et tout le mécanisme. Le cylindre à enveloppe est placé sur le dessus du foyer et l'arbre coudé repose sur deux paliers réunis par une traverse épousant exactement la forme du corps cylindrique près de la cheminée. Ces paliers sont en outre reliés au cylindre par de fortes tiges en fer dans le but d'éviter à la chaudière les tensions excessives produites par le fonctionnement de la machine, et de permettre sa dilatation sans modifier la distance entre l'arbre à manivelle et le cylindre. Les paliers sont en tôle, et ne touchant pas directement à la chaudière ne conduisent pas en conséquence la chaleur aux coussinets.

Un petit étai supporte l'une des extrémités des glissières qui se rattachent de l'autre au plateau de cylindre. Détente à un seul tiroir automatique réglé par un régulateur de Watt à action directe. La pompe alimentaire placée latéralement sur l'axe de la chaudière est commandée par un excentrique monté sur l'arbre moteur. Comme elle est un peu plus grande que ne l'exige l'alimentation de la chaudière, on y a ajouté un robinet régulateur disposé de façon à introduire dans la chaudière assez d'eau pour maintenir le niveau et la pression de la vapeur; l'excédant passe dans le réchauffeur d'eau qui consiste simplement en un tuyau par lequel une portion de la vapeur d'échappement passe au réservoir d'alimentation, où elle se condense en se mélangeant à l'eau fournie par la pompe.

Turner, à Ipswich. — Moteur demi-fixe monté sur chaudière. Disposition analogue à celle des machines de MM. Clayton et Shuttleworth. Même type de chaudière, mécanisme placé exactement de la même manière. La différence n'existe que dans les détails.

Nicholson et Son, Newark. — Machine et chaudière combinées. Elles sont montées indépendantes l'une de l'autre, sur une base creuse qui sert de réservoir réchauffeur pour l'eau d'alimentation.

La machine forme un tout complet en lui-même; le cylindre, la boîte à tiroir, le bâti composé de deux montants et le piédestal sont fondus d'une seule pièce. Le cylindre est placé sur le piédestal et l'arbre à manivelle porté par deux paliers à la partie supérieure des montants. L'arbre-manivelle peut recevoir une poulie à chaque bout. Le piston à vapeur est garni d'anneaux métalliques doubles avec ressorts à l'intérieur. Détente variable par le régulateur.

La chaudière verticale a son foyer traversé par des tubes de grand diamètre légèrement inclinés sur l'horizontale, dans le but de favoriser le développement de la vapeur. Le nettoyage et la surveillance en sont très-faciles.

Ruston Proctor et Cie, à Lincoln. — Machine verticale et combinée de la force de 3 chevaux, spécialement affectée aux besoins de la petite industrie, des brasseries, des tanneries, des hôpitaux. L'ensemble est monté sur un bâti creux en fonte qui est cloisonné à l'intérieur, de façon à réserver un compartiment pour le cendrier et un autre pour le réservoir d'eau. La chaudière est verticale, à foyer intérieur et à tubes bouilleurs transversaux présentant une grande surface de chauffe.

La machine est placée latéralement contre la chaudière; le cylindre à enveloppe de vapeur est solidement fixé à la partie supérieure sur la boîte à fumée et l'arbre à vilebrequin porté en bas sur deux paliers en consoles également

fixés à la chaudière, la tête de piston se trouve guidée par deux glissières doubles attachées d'une part au plateau du cylindre et de l'autre sur une sorte d'arcade en fer maintenue par des goujons sur le corps cylindrique du générateur.

Distribution par un seul tiroir avec détente réglée par un régulateur ordinaire placé sur le cylindre, recevant par courroie son mouvement de l'arbre moteur. Un excentrique actionne la pompe alimentaire placée horizontalement sur la chaudière dans l'axe transversal de l'arbre coudé ; diamètre du cylindre 159 m/m, nombre de tours 150. La machine est munie d'un appareil de changement de marche.

Davey, Paxman et Cie. — Machine verticale de 3 chevaux avec chaudière combinée. Ce moteur n'est autre que la machine type « Standard » dont nous avons parlé au chapitre des machines fixes, montée sur une forte plaque en fonte qui forme réservoir à eau chaude. Il est par conséquent complétement indépendant de la chaudière.

Quant à la chaudière, elle est composée d'un cylindre extérieur et d'un foyer intérieur, concentrique, garnis de tuyaux qui débouchent d'une part, latéralement aux extrémités basses, et de l'autre dans la plaque de ciel. Pour modérer la violence du courant qui se produit de bas en haut, chaque tuyau est muni à son sommet d'une petite soupape ayant pour effet de diviser le jet et d'éviter la projection d'eau dans la partie formant réservoir de vapeur.

Diamètre du cylindre	0 m,138
Course du piston	0 ,228
Nombre de tours	1 ,40
Diamètre extérieur de la chaudière	0 ,686

Robey et Cie, à Lincoln. — Machine verticale avec chaudière, de la force de 3 chevaux. C'est exactement la machine verticale que nous avons décrite parmi les petites machines fixes, installée sur un fort piédestal à côté d'une chaudière à tubes verticaux.

La chaudière se compose d'un corps cylindrique avec foyer intérieur, lequel est surmonté d'une chambre cylindrique d'un diamètre un peu plus grand et traversée de haut en bas, à sa périphérie, par une couronne de tubes, dont l'ensemble forme un tronc de cône ayant sa grande base à la partie inférieure, et dans lesquels se fait la circulation de l'eau. De la partie supérieure de la chambre, et extérieurement aux tubes à eau, part une nouvelle couronne de tubes, qui aboutissent à la base de la cheminée placée au-dessus de la chaudière. Les produits de la combustion pour se rendre aux tubes à fumée, sont donc obligés de passer entre les tubes à eau, et leur température peut ainsi être assez bien utilisée. Le nettoyage se fait relativement avec facilité.

Ransomes, Sims et Head, à Ipswich. — Machines montées sur chaudières horizontales (fig. 25), d'une construction semblable à celle des locomobiles que fabrique cette maison. Le cylindre à enveloppe de vapeur est monté sur le dessus du foyer, et les paliers qui portent l'arbre à manivelle reposent sur le corps cylindrique près de la cheminée. Ces paliers sont réunis au cylindre par de forts tirants, comme dans les machines Clayton et Shuttleworth, pour maintenir constante la distance entre ces pièces, malgré la dilatation de la chaudière. Ces moteurs sont munis au besoin d'un appareil de changement de marche. La distribution fonctionne avec détente variable par un régulateur automatique à expansion. De 4 à 10 chevaux, ils marchent à un cylindre et de 10 à 20 chevaux à deux cylindres.

De 4 à 10 chevaux.	Diamètre des cylindres.	174 à m/m	à 254 m/m
	Course des pistons . .	280 à	à 304
De 10 à 20 —	Diamètre des cylindres.	197 à	à 254
	Course des pistons . .	205 à	à 380

La chaudière, type des locomotives repose sur deux supports en fonte, celui de la boîte à feu sert de cendrier. La pompe alimentaire à effet continu, placée sur le côté du corps tubulaire et à l'aplomb de l'arbre à manivelle, est commandée par excentrique. L'eau d'alimentation avant d'être introduite dans la chaudière est chauffée par la vapeur de l'échappement.

La disposition générale, comme on le voit, ressemble beaucoup à celle de MM. Clayton et Shuttleworth. MM. Ransomes, Sims et Head construisent aussi des machines mi-fixes à chaudière verticale et à moteur indépendant. L'en-

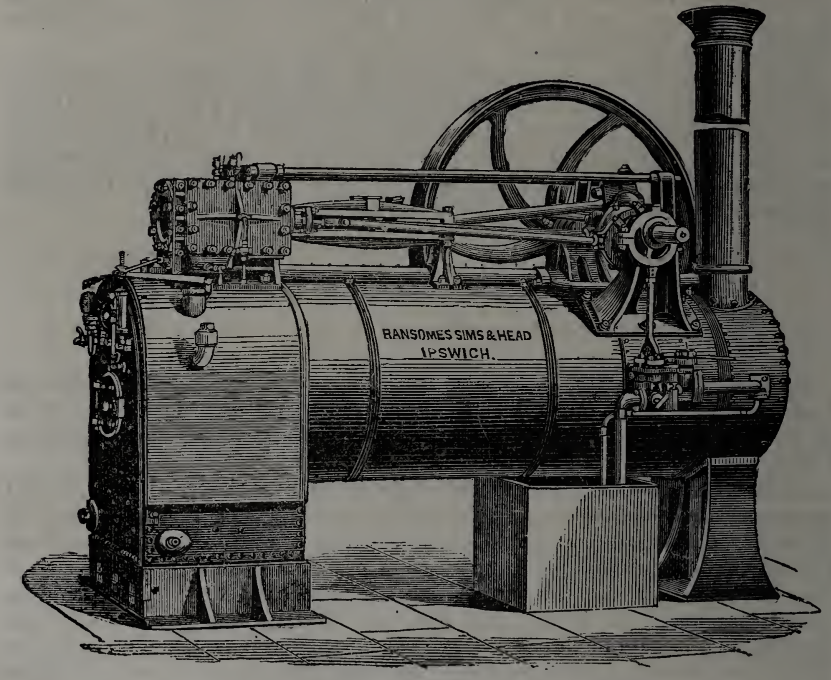


Fig. 25. — Moteur mi-fixe Ransomes, Sims et Head.

semble repose sur une plaque de fondation creuse formant à la fois cendrier et réservoir d'eau d'alimentation. Le cylindre est monté sur un bâti à deux montants verticaux réunis dans le haut par une partie cylindrique. L'arbre moteur est conséquemment placé en bas. Cette disposition nous est déjà connue et n'a pas besoin d'être plus longuement décrite.

Alexander Shanks et Son, Londres. — Moteur vertical à chaudière indépendante. Bâti en forme de marteau-pilon à deux jambages verticaux réunis à la partie supérieure par une partie cylindrique servant de glissière de tête de piston et de support de cylindre. Détente variable par le régulateur avec tiroir équilibré.

La chaudière, très-simple, se compose d'une enveloppe cylindrique avec foyer

intérieur de même forme, traversé par un ou plusieurs gros tubes bouilleurs horizontaux suivant la force de la machine : 1 tube pour moteur de 2 et 3 chevaux; 2 tubes pour 4 à 6 chevaux; 3 tubes pour 8 et 10 chevaux; 4 tubes pour 12 chevaux.

Le diamètre du cylindre varie de.	0m,120 à 0m,286
La course du piston —	0 ,228 à 0 ,406
Nombre de tours.	160 à 110
Diamètre de la chaudière.	0 ,710 à 1 ,300

E. Hindley, Bourton. — Machine et chaudière combinées. Disposition horizontale analogue aux précédentes; le bâti seul diffère de forme, sa section est celle d'un fer à double T; le cylindre en saillie est fixé par la boîte à vapeur à la partie supérieure du bâti. Chaudière à tubes verticaux.

Dimensions des machines de 1 à 10 chevaux :

Diamètre du cylindre	0m,076 à 0m,228
Course du piston.	0 ,114 à 0 ,330
Nombre de tours.	300 à 125
Diamètre de la chaudière.	0 ,406 à 0 ,990
Hauteur —	0 ,914 à 2 ,590
Nombre des tubes verticaux.	7 à 30

Stork frères, à Hengelo (Pays-Bas). — A côté de leur machine fixe se trouvait exposé un moteur demi-fixe horizontal avec chaudière verticale combinée. Le cylindre fondu avec la glissière unique de la tête de piston est solidement fixé au bâti par le patin que forme cette glissière. Il dépasse de toute sa longueur la plaque de fondation qui porte en même temps la chaudière. Distribution à détente Meyer. Régulateur à boules réglant directement la position de la soupape d'introduction. Plateau-manivelle, bielle garnie de coussinets-bagues. Réchauffage de l'eau d'alimentation. Système de graissage indépendant de la surveillance journalière du chauffeur, et cessant dès que la machine ne fonctionne plus. Chaudière à foyer intérieur cylindrique avec tubes de grand diamètre qu'on peut facilement nettoyer au moyen de trous pratiqués à l'extérieur.

Diamètre du cylindre	0m,260
Course du piston.	0 ,400
Nombre de tours.	100
Hauteur de la chaudière	2m,89
Diamètre de la chaudière.	1 ,10

Divers autres moteurs demi-fixes étaient exposés dans la section française par *MM. Brissonneau* frères, à Nantes; *Cochot, à Paris* (moteur vertical); *Damey, à Dôle*; *François, à Paris* (moteur vertical); *Gautreau, à Dourdan.*

En Angleterre par *M. Dodman*, machine verticale et chaudière combinées de 5 chevaux. *MM. Jeffery et Blackstone*, machine et chaudière verticales de 4 chevaux.

En Belgique, nous citerons la machine horizontale de *MM. de Ville, Chatel et Cie* à détente variable et régulateur, montée sur chaudière verticale à foyer intérieur et bouilleurs transversaux, le tout reposant sur le même bâti. Force : 6 à 8 chevaux.

Celle de *M. Taverdon, à Liège*, de la force de 6 chevaux, type locomobile.

Aux États-Unis, les machines *Baxter* de 2, 4, 6, 8 et 10 chevaux exposées par *M. Fales Th. de New-York.*

Avant de clore l'examen des machines à vapeur, il nous reste à présenter la description d'un moteur d'un système tout nouveau que nous n'avons pu examiner que récemment, ce qui nous a empêché d'en parler au chapitre des machines-fixes auquel il appartient. C'est la machine système qu'avaient exposée MM. *Leblanc et Cie à Paris*. Cette machine à six cylindres, très curieuse, se compose d'une pièce principale en fonte, formant six cylindres placés sur une même circonférence, au centre de laquelle se trouve l'arbre moteur. Six pistons plats d'un bout, coniques de l'autre, se meuvent dans chacun des cylindres, et par leur mouvement alternatif, produisent le mouvement continu de l'arbre moteur. Chaque piston travaille à simple effet, la vapeur vient appuyer sur leur surface plate, alors que le distributeur découvre par l'extérieur les orifices d'admission. Les cylindres sont réunis par une surface plane, qui sert de glace, de tiroir, et qui est percée d'orifices pour l'introduction et l'échappement de la vapeur. Le tiroir en forme de disque annulaire, est excentré sur l'arbre moteur, de manière que, pendant que l'admission se fait dans l'un des cylindres, l'échappement a lieu par le cylindre opposé. Les pistons se meuvent, disons-nous, sous l'action de la vapeur qui vient agir sur la partie plate; il en résulte que la partie conique agissant à son tour sur un plateau monté à genouillère sur le fond, qui ferme la pièce générale, composant les cylindres, ce plateau, en obéissant alternativement à chaque piston, opère autour de son centre un mouvement d'oscillation, qu'il transmet à une tige centrale, laquelle décrit à son tour un mouvement rotatif angulaire, et comme elle est liée à une petite manivelle fixée sur l'arbre moteur, celui-ci tourne tout naturellement et sans autre intermédiaire mécanique.

L'aspect extérieur ne laisse visible aucun des organes en mouvement, sauf l'arbre moteur à ses deux extrémités. L'ensemble en est très-simple, composé d'un petit nombre d'organes et d'une disposition tout à fait originale.

La vitesse de la machine peut varier dans des limites assez grandes, sans aucun inconvénient. Ajoutons qu'elle se graisse d'elle-même, par un appareil contenant l'huile, placé directement sur l'arrivée de vapeur et qui lubréfie tout le mouvement intérieur. La visite et le démontage sont très-faciles.

Ici se termine l'étude et la description des machines à vapeur qui figuraient à l'Exposition Universelle de 1878. Nous sommes entré dans les détails les plus intéressants de manière à donner plus qu'une idée générale des nombreux produits de la classe 54. Comme on a pu s'en convaincre, il n'y avait pas, à vrai dire, d'applications absolument nouvelles mais plutôt des dispositions, des agencements d'organes remarquablement bien étudiés. Sous ce rapport, comme au point de vue de la qualité des matériaux, de la bonne exécution et de tout ce qui constitue la vraie supériorité, l'exposition des machines à vapeur formait le plus bel ensemble qu'on eût jamais vu. Nous avons montré du reste dès les premières lignes de cette notice quelles étaient les préoccupations, les tendances actuelles des constructeurs. Nous n'avons que rarement conclu sur le mérite de tous les systèmes qui sont passés sous nos yeux, nous aurions craint de paraître quelque peu partial et nous avons préféré que le lecteur en restât le seul juge. Nous nous estimerons heureux si l'étude que nous lui présentons a pu l'intéresser en le mettant à même de mesurer les progrès accomplis dans cette branche de l'industrie mécanique depuis le précédent concours de 1867.

LUCHARD.

PETITS MOTEURS INDUSTRIELS

AUTRES QUE CEUX MUS PAR LA VAPEUR

La vapeur domine aujourd'hui dans toutes les applications mécaniques un peu importantes, mais la force motrice qu'elle produit ne peut se fractionner suffisamment pour éviter l'agglomération d'un grand nombre d'ouvriers sur un même point. L'installation d'une machine à vapeur, si peu puissante qu'elle soit, n'est pas toujours facile, surtout pour le travail en chambre. Aussi l'usage d'un petit moteur, permettant de travailler isolément, peut-il rendre de grands services, sans parler même de l'influence moralisatrice et sanitaire qu'il peut exercer sur la famille en lui permettant de jouir davantage de la vie d'intérieur. Une foule d'industries à domicile réclament aussi un moteur de petite puissance pour remplacer la force musculaire nécessaire au fonctionnement de certains appareils dans la passementerie, la lithographie, la couture mécanique où l'homme voire même la femme jouent le rôle de moteur animé pour tourner une manivelle ou peser sur un levier. D'ailleurs une force mécanique a l'avantage, au point de vue matériel, de donner des produits mieux fabriqués et un travail plus régulier.

Mais les conditions à remplir pour résoudre convenablement le problème de la petite force, sont très-difficiles à réaliser : il faut qu'un semblable moteur présente une grande sécurité, exige peu de soins d'entretien et de surveillance, nécessite une faible dépense d'acquisition et de marche journalière, occupe peu de place et ne soit en rien une cause d'insalubrité.

Les machines à vapeur sont loin de réunir toutes ces qualités et nous avons pu voir combien peu nombreux se trouvaient les petits moteurs d'un demi-cheval ou d'un cheval des machines rotatives pour la plupart. Et c'est pourtant cette faible puissance motrice, ce moteur spécial, qui manque à l'industrie. Bien des efforts ont été tentés dans cette voie ; on a essayé de tous les systèmes : électriques, hydrauliques, à gaz, à air chaud. Chacun d'eux se trouvait plus ou moins bien représenté à l'Exposition de 1878, et nous avons pensé qu'il pouvait être intéressant d'en donner une description succincte, comme suite naturelle aux machines à vapeur dont nous venons de terminer l'étude.

Moteurs à air chaud.

C'est à l'Exposition de 1851, qu'Ericson exposait un système à peu près abandonné aujourd'hui, mais qui a joui pendant quelques temps, d'un grand succès en Amérique, en Angleterre et en Allemagne. Cette machine était une sorte de calorifère alimenté par une soufflerie à deux pistons, dont l'un aspirait l'air, tandis que l'autre le refoulait vers le foyer où il s'échauffait au contact des parois chaudes de ce dernier. Le générateur de chaleur se composait d'une série de toiles métalliques sur lesquelles on faisait passer alternativement l'air chaud pour le dépouiller de sa chaleur et l'air froid pour lui donner une température que l'action du foyer se chargeait de compléter.

En 1855, Franchot exposait une machine dans laquelle l'air passait successivement d'une chambre chaude dans une chambre froide.

En 1862, M. Wilcox d'Amérique avait envoyé une machine (fig. 26), dans aquelle il avait conservé le principe du régénérateur d'Ericson. Elle se composait d'un soubassement formant fourneau sur lequel étaient établis deux cylindres verticaux A et B. Le premier cylindre A est directement placé au-

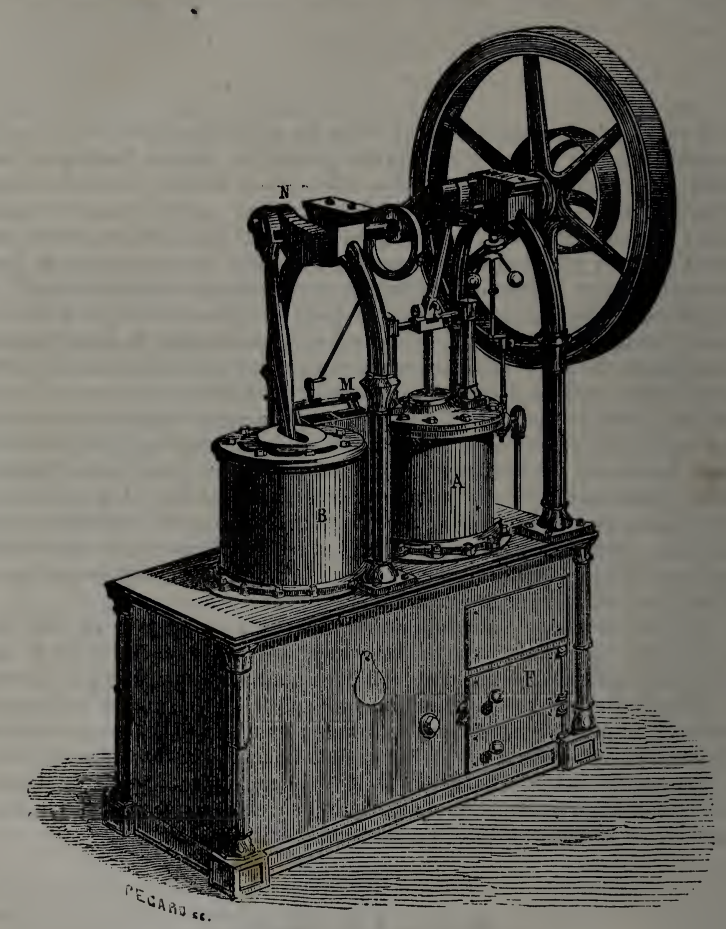


Fig. 26. — Machine à air chaud (Wilcox).

dessus du foyer F, et c'est dans sa chambre inférieure que l'air est porté à la plus haute température. Cet air est d'abord aspiré, à la températurc ordinaire, dans la chambre supérieure de ce cylindre, comprimé un peu pendant le mouvement de retour du piston, puis chassé par lui au travers d'un robinet M de distribution et par des canaux remplis de feuilles métalliques, au contact desquelles il se réchauffe dans le bas du cylindre à simple effet B, chargé d'utiliser une partie seulement de la chaleur perdue du foyer. Enfin, cet air arrive dans le fond du cylindre A, où il développe le plus grand travail moteur avant de s'échapper par les feuilles métalliques chargées de le dépouiller de la plus

grande partie de son calorique, préalablement à sa dispersion dans l'atmosphère.

Quant aux organes de transmission, ils ressemblent beaucoup à ceux d'une machine verticale à deux cylindres; l'arbre moteur horizontal est coudé pour recevoir l'action de la bielle motrice, et il porte à son extrémité une autre manivelle N, au bouton de laquelle est assemblée la tige articulée du piston B. Un modérateur à boules agit d'ailleurs à la manière ordinaire pour faciliter ou entraver, suivant qu'il en est besoin, l'introduction de l'air, sur lequel la chaleur doit développer son action motrice. La machine, d'après M. Wilcox, ne dépensait pas plus de 3 à 4 kilog. d'anthracite par cheval et par heure.

En 1867, M. Shaw de Boston exposait une machine dans laquelle le mouvement était produit par l'air même de la combustion au moyen de deux cylindres et d'un grand foyer analogue au système Wilcox.

Le moteur Lehmann exposé à Vienne en 1873, comprenait un four en maçonnerie avec grille, chambre de combustion et cheminée, un cylindre soumis à l'action de la chaleur, un récipient destiné à rafraîchir l'air, avec l'appareil déplaçant cet air, une petite pompe servant à injecter l'eau dans un piston mobile dans le cylindre à air, l'enveloppe du cylindre rafraîchisseur, enfin, l'appareil de transmission.

Le piston est poussé par l'air fortement échauffé; arrivé au bout de sa course, il est ramené à l'intérieur par le vide que produit le refroidissement de l'air sous l'action de l'eau rafraichissant les parois du cylindre ; l'air revenant s'échauffer dans la chambre en communication avec le four repousse de nouveau le piston.

L'essai récent de M. Rider de Walden, en Amérique, semble avoir donné de bons résultats. Ce moteur était exposé dans la section anglaise par MM. Howard Tyler, de Londres. L'appareil se compose essentiellement de deux cylindres à piston plongeur et d'un foyer placé au-dessous de l'un d'eux. La fig. 27 représente l'élévation de la machine et la fig. 28 la section servant à en faire comprendre le fonctionnement. Lorsque les deux plongeurs G et D sont arrivés au bas de la course, le volume d'air enfermé dans les récipients occupe la plus petite capacité et traverse la chambre de refroidissement E. Supposons que l'on fasse alors passer les points morts à la machine, le volume d'air traverse la chambre de réchauffage, se dilate par l'effet de la chaleur et produit un mouvement ascensionnel sur les plongeurs. Le mouvement du volant suffit alors pour faire dépasser le point mort, et provoquer le retour de l'air chaud dans la chambre de refroidissement où se produit une contraction immédiate de l'air, ce qui se traduit par un mouvement de haut en bas du plongeur. Ce mouvement alternatif des pistons peut avoir lieu indéfiniment et donne naissance à une somme de travail très-considérable.

Les plongeurs sont rendus étanches par des cuirs emboutis doubles, dont l'inférieur a le rebord tourné vers le bas pour empêcher les fuites d'air et dont l'autre destiné à maintenir les cuirs humides est dirigé en sens inverse pour éviter que l'huile ne pénètre trop librement dans la garniture. Le cuir embouti du côté du foyer est en outre protégé à l'extérieur par une chambre circulaire dans laquelle l'eau circule continuellement.

Le piston de compression G, descend jusqu'au bas de l'appareil, il est un peu plus petit que l'intérieur de la chambre de refroidissement E, et présente tout autour un léger espace pour laisser passer l'air qui se refroidit en descendant, et qu'il traverse de nouveau pour retourner au cylindre réchauffeur. Le piston moteur D, se meut dans le réchauffeur F, qui ressemble pour la forme à un fond de bouteille, de manière à ne présenter au feu qu'une surface annulaire.

A l'intérieur du réchauffeur se trouve le fourreau G, sorte de cylindre en fer mince, légèrement plus petit. L'air qui s'échappe du cylindre de compression passe à travers cette garniture intérieure et s'échauffe ainsi très-rapidement;

c'est toujours le même air qui circule, et comme il n'y a ni admission, ni échappement de gaz, la marche de la machine a lieu sans bruit, ni choc. Le régénérateur H se trouve placé entre le cylindre moteur et le cylindre de compression. Il se compose d'un certain nombre de plaques minces, renforcées sur les bords et servant à tamiser l'air qui les traverse. Une grande partie de la chaleur de

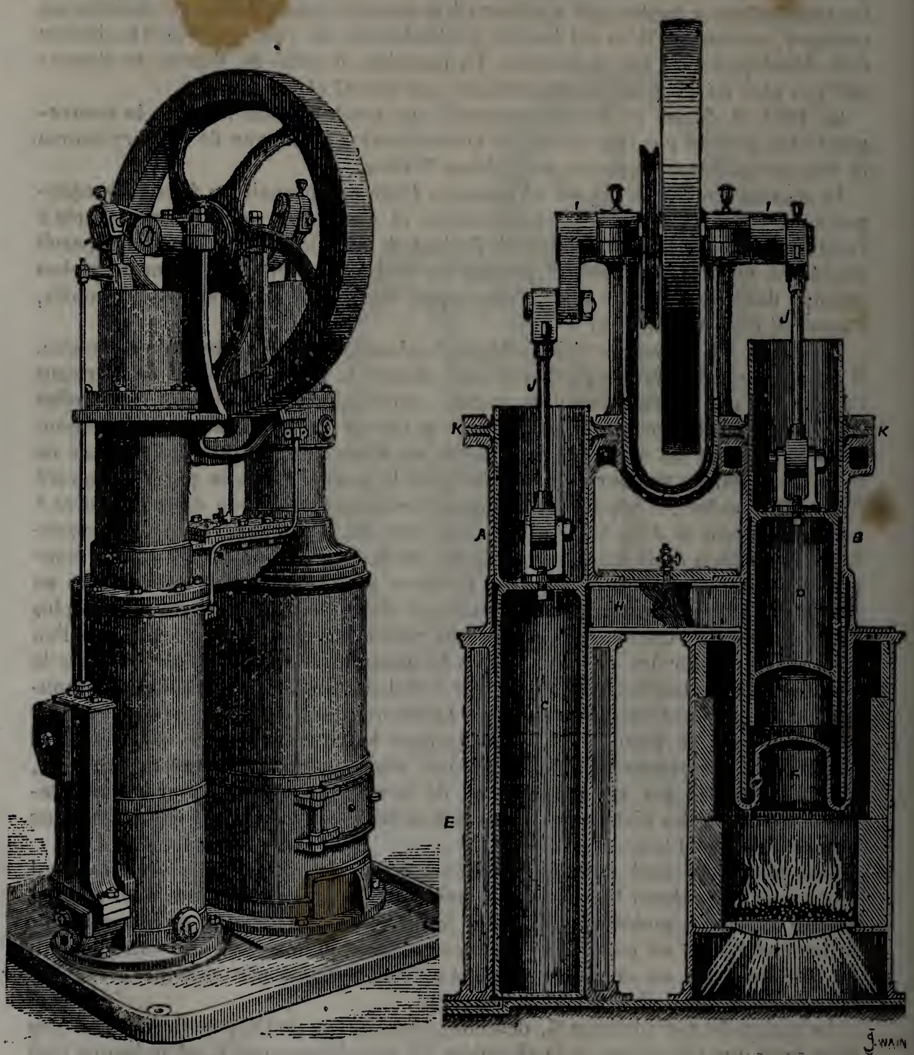


Fig. 27 et 28. — Machine à air chaud (système Rider).

l'air se trouve absorbée par le régénérateur qui la lui restitue pendant la course rétrograde du réchauffeur. Les autres parties de la machine sont très-simples et comprennent l'arbre des manivelles auxquelles sont reliés les pistons sous un angle de 95° et que commande le piston moteur.

M. Rennes (D. W. Van, à Utrecht, avait exposé plusieurs petits moteurs à air chaud de la force de $^1/_{20}$ $^1/_{10}$ $^1/_4$ $^1/_2$ $^2/_3$ et 1 cheval-vapeur.

Moteurs à gaz.

Les moteurs à gaz reposent tous sur le principe de la combustion d'un gaz combustible par l'oxygène de l'air, combustion qui produit un développement considérable de chaleur et par suite un accroissement de pression et de volume de ces gaz : de là un travail disponible que l'on peut recueillir sur un piston.

Les premiers essais vraiment sérieux sur l'emploi d'un mélange explosif de gaz et d'air remontent à 1853 et sont dus à M. Hugon. Mais ce n'est qu'en 1860 qu'il donna à sa machine, après de nombreuses modifications, la forme définitive sous laquelle nous la voyons encore aujourd'hui. Elle se compose d'un cylindre moteur et de deux tubes cylindriques ayant la forme d'un U à branches presque égales. Ces tubes sont fermés, d'un bout par des clapets qui s'ouvrent dans des colonnes communiquant ensemble et de l'autre par des couvercles sur lesquels sont placés le tiroir d'admission des gaz et le tiroir de sortie du fluide après la combustion. Ces deux tubes sont ce qu'on appelle les générateurs de la machine. Le cylindre moteur est vertical et son piston donne le mouvement par bielle et manivelle à l'arbre du volant. Chaque extrémité du cylindre communique avec l'un des deux générateurs. Les tiroirs sont commandés par excentrique. Deux pompes l'une pour le gaz, l'autre pour l'air servent à refouler les deux fluides dans la partie supérieure des tubes en U opposée au réservoir. Les deux générateurs, le cylindre et les communications du cylindre aux générateurs sont remplis d'eau.

Voici quel est le fonctionnement de l'appareil : Pour mettre en marche, on tourne le volant afin de faire entrer dans un des générateurs une certaine quantité d'air et de gaz ; lorsque l'admission ne se fait plus, le mélange est allumé par le passage d'une étincelle électrique ou un bec de gaz convenablement disposé, l'explosion se produit, détermine une élévation considérable de température qui fait augmenter la pression des gaz et force une partie de l'eau contenue dans le générateur à passer par le clapet dans la colonne qui le surmonte. Mais il arrive un moment, par suite d'une diminution de pression, où l'écoulement de l'eau cesse, le clapet se ferme, il s'est alors produit un certain vide dans le tube qui soulève la soupape communiquant avec le cylindre moteur, le tiroir de distribution laisse entrer l'eau et le piston descend dans son cylindre. Le tiroir de sortie des gaz s'ouvre, et l'eau rentre dans le générateur.

L'autre générateur agit de même au demi-tour suivant pour la partie supérieure du cylindre, et l'on obtient ainsi le mouvement alternatif du piston moteur. C'est toujours la même eau qui sert. Divers modèles étaient exposés par *M. Hugon* et par la *Compagnie parisienne du gaz*.

Moteur Lenoir. — Le moteur Lenoir est basé sur le même principe, mais sa disposition est différente. C'est un moteur à action directe (M. Hugon l'avait précédemment étudié, mais sans succès). Il se compose d'un cylindre horizontal, analogue à ceux des machines à vapeur dans lequel se meut un piston qui communique son mouvement au moyen d'une bielle et d'une manivelle à un arbre moteur muni d'un volant. Deux tiroirs commandés par excentrique servent l'un à l'admission du gaz et de l'air, l'autre à l'échappement après leur action sur le piston. Deux petits cylindres amènent le gaz à chaque extrémité du tiroir d'admission disposé d'une façon particulière en forme de peigne pour faciliter le mélange de l'air et du gaz, l'air arrivant par les extrémités du tiroir. L'aspiration du mélange explosif se fait pendant une montée de la course ; au

moment où le tiroir se ferme, une étincelle électrique passe dans le mélange et en détermine l'inflammation et la pression des gaz chasse le piston vers la fin de sa course; l'échappement des gaz brûlés a lieu dans l'atmosphère comme celui de la vapeur dans une machine sans condensation. Le piston revient alors sur lui-même en vertu de la puissance vive du volant et aspire de nouveau le mélange gazeux qui prend feu comme à la demi-course précédente par le passage de l'étincelle.

La température dégagée par la combustion étant très-élevée, il a été nécessaire de faire une circulation d'eau froide autour du cylindre dans une double enveloppe ménagée à cet effet. Cette consommation d'eau est considérable et a le grave inconvénient d'abaisser la température des gaz lors de leur combustion, ce qui amène une diminution de la pression et par suite une diminution de la force de la machine. L'inflammation du mélange explosif a lieu au moyen d'une bobine Ruhmkorff reliée à la machine par des fils conducteurs convenablement placés, et le courant est alternativement ouvert et fermé par un dispositif ingénieux sur la tige du piston moteur. Un moteur de ce genre dépense 2,800 litres de gaz par heure et par cheval, et 120 litres d'eau pour le refroidissement. Peu d'effet utile par rapport à la consommation de gaz.

Moteur Otto et Langen. — Cet appareil est vertical et le cylindre est entièrement ouvert à sa partie supérieure; au-dessous arrive le mélange d'air et de gaz, dont la combustion élève le piston. La pression atmosphérique fait redescendre ledit piston par suite de la raréfaction d'air créée en dessous après l'explosion. Cette détente des gaz a lieu sous une faible pression et à une basse température, ce qui se traduit par une faible consommation de gaz. Ce n'est qu'à la descente que le piston agit sur l'arbre moteur au moyen d'une crémaillère, d'un pignon et d'un déclic. Arrivé au bas de la course le piston et sa tige s'isolent instantanément et le piston remonte de nouveau par l'effet d'une nouvelle explosion. C'est le volant qui en vertu de sa force vive accumulée donne à ce mouvement de l'arbre l'impulsion nécessaire pendant la course ascensionnelle.

L'inflammation du gaz et de l'air a lieu au moyen d'un bec de gaz extérieur comme dans la machine Hugon. Le mélange se fait dans la proportion de 6 % de gaz et de 94 % d'air. La dépense de gaz peut être évaluée à la moitié de celle du moteur Lenoir, mais il y a à reprocher à cette machine le bruit désagréable qu'elle produit et qui ne peut manquer d'incommoder les voisins.

Ce moteur comme le suivant était exposé par la *Compagnie parisienne du gaz.*

Machine à gaz horizontale, système Otto, de Cologne. — Cette machine ressemble extérieurement à une machine à vapeur à simple effet composée d'un cylindre unique horizontal ouvert à un bout et fermé à l'autre. Dans ce cylindre fonctionne un piston en connexion par bielle et manivelle avec un arbre sur lequel est calé un fort volant. L'appareil de distribution est placé derrière le cylindre. Une chambre de compression est réservée au fond du cylindre qui fait office à la fois de pompe de compression et de cylindre moteur. En voici le fonctionnement: en s'avançant le piston aspire le mélange de gaz et d'air, puis l'admission se ferme et le piston en revenant en arrière comprime le mélange environ au $^2/_5$ du volume primitif, c'est à la fin de la course que s'enflamme le mélange au moyen d'un filet de gaz allumé. Les gaz dilatés par la chaleur développée au moment de l'explosion font avancer le piston, et c'est à la course rétrograde que les produits de la combustion s'échappent dans l'atmosphère. La force motrice n'est produite, on le voit, qu'au troisième coup de pis-

ton sur quatre, et se trouve consommée pour une partie pendant la période de refoulement, en sorte que le travail moteur effectif n'est que la différence du travail de détente et du travail de compression. En raison de la grande variation des efforts pendant la marche de la machine, M. Otto a donné une grande masse à son volant.

Dans ce moteur la combustion se fait lentement afin de régler la pression dans le cylindre à la vitesse du piston, ce que l'inventeur a obtenu avec deux mélanges de composition différente introduits successivement par le tiroir, l'un formé de 15 parties d'air pour une de gaz, le second de sept parties d'air pour une partie de gaz. De plus la chaleur se développe graduellement et non tout d'un coup en produisant une expansion sans choc sur le piston, ce qui s'explique par l'inflammation des fluides gazeux : oxigène, hydrogène, hydrogène carboné, azote, suivant l'ordre décroissant de leur inflammabilité. De plus, le mélange fortement explosif arrive dans une capacité ménagée dans le fond du cylindre où il s'enflamme au contact du bec allumeur; en s'échappant il vient à son tour enflammer la masse gazeuse qu'il rencontre dans la chambre de combustion.

Le cylindre est fixé à l'extrémité du bâti. Le tiroir de distribution, formé d'une forte plaque, permet, par le mouvement dont il est animé, l'introduction successive du gaz et de l'air, et l'arrivée du filet de gaz qui doit s'enflammer et enflammer à son tour le mélange gazeux à l'intérieur du cylindre. Il reçoit son mouvement par une transmission prise sur l'arbre moteur.

L'introduction du gaz se fait dans le cylindre au moyen d'une soupape maintenue sur son siège par un ressort et que fait lever une came au moment déterminé. Un manchon à came règle également la levée d'une seconde soupape pour l'échappement à l'air libre des gaz brûlés. Un régulateur agit par l'intermédiaire d'un équerre sur le manchon à came pour accélérer ou retarder la levée de la soupape d'admission.

Le cylindre moteur est constamment rafraîchi par une circulation d'eau fraiche dans l'enveloppe dont il est muni.

Les différents moteurs Otto de 1 à 8 chevaux étaient exposés par la *Cie parisienne du gaz*, *MM. Périn, Panhard et Cie, à Paris*, et *MM. Fétu et Deliège, à Liége*.

Moteur Bischop, construit par MM. Mignon et Rouart. — Ce moteur est très-simple, facile à installer et à entretenir, et comme il permet de fractionner le travail dans une limite beaucoup plus grande que les précédents, il nous paraît convenir parfaitement aux besoins de la petite industrie. Trois types étaient exposés pour forces de 3, 6 et 25 kilogrammètres.

L'appareil est disposé verticalement, et consiste en un long cylindre dans lequel se meut le piston moteur, surmonté d'un tube servant de glissière au coulisseau de la tête de piston. Ce tube est percé dans sa hauteur d'une rainure pour le passage de l'articulation de la bielle avec la tête de piston; la bielle commande une petite manivelle montée sur l'arbre moteur que porte une console venue de fonte avec la glissière vers le milieu de la hauteur de l'appareil. L'ensemble repose sur un socle faisant corps avec le cylindre.

L'appareil que nous avons sous les yeux de 6 kilogrammètres ou environ $\frac{1}{12.5}$ de cheval-vapeur possède un cylindre de $0^m,080$ de diamètre dont la course est de $0^m,250$; la hauteur totale à partir du sol est de $1^m,100$. Ce moteur est à simple effet en ce sens que le gaz n'agit que pendant la course ascendante, et la pression atmosphérique à la descente. Le mélange explosif s'opère à la partie inférieure du cylindre et il existe entre ce mélange et le piston une sorte de matelas d'air qui se chauffe et se comprime pendant l'explosion pour se refroi-

dir et se détendre immédiatement après. Un tiroir cylindrique mu par excentrique, porte deux échancrures se rejoignant; d'un côté arrive le gaz, de l'autre l'air; en montant, il ouvre l'orifice du cylindre à l'échappement; à sa descente, il introduit le mélange explosif de gaz et d'air et c'est vers le tiers de la hauteur du cylindre que se trouve le chalumeau inflammateur, composé de deux becs, l'un placé horizontalement destiné à enflammer le mélange, l'autre vertical de façon à maintenir le bec supérieur toujours allumé. L'inflammation se fait au moyen du chalumeau qui entre dans le cylindre au moment convenable, et dont la construction est telle qu'il ne peut s'encrasser. Le graissage du piston et du tiroir a été supprimé et comme ces deux organes sont parfaitement équilibrés, ils fonctionnent sans gripper malgré l'échauffement du milieu où ils sont placés, ce qui permet de faire marcher l'appareil sans interruption. Le refroidissement s'opère sans courant d'eau autour du cylindre, ce qui est encore une simplification importante du système. Le type moyen de 6 kilogrammètres consomme 330 litres de gaz à l'heure, ce qui représente à Paris une dépense de $0^{f},10$; son prix est de 500 francs.

L. Simon, Nottingham. — Machine à gaz et à vapeur combinés. C'est un moteur à deux cylindres type pilon. Son principe consiste à utiliser la chaleur que les produits de la combustion du gaz emportent à l'échappement pour former de la vapeur d'eau dont on utilise ensuite la détente.

Des deux cylindres, l'un sert de pompe de compression, l'autre de cylindre moteur. A la mise en train la machine marche au gaz seul, le piston de la pompe de compression aspire en descendant un mélange en proportions réglées de gaz et d'air; en remontant, il refoule ce mélange dans un tuyau qui débouche sur le tiroir d'admission du cylindre moteur après avoir traversé sur son chemin une rangée de toiles métalliques; c'est vis-à-vis de ces toiles qu'il rencontre une flamme convenablement alimentée qui fait détoner le mélange. La toile métallique a pour but, comme dans le chalumeau à gaz oxhydrique d'empêcher toute propagation de la flamme vers la pompe de compression. Les produits de la combustion font descendre le piston moteur et s'échappent pendant sa course ascendante par le tiroir d'échappement dans l'atmosphère, mais seulement après avoir épuisé en grande partie leur chaleur dans une sorte de serpentin entouré d'eau. Ce serpentin se trouve installé dans une espèce de générateur de vapeur placé au-dessus du cylindre moteur et auquel l'eau n'arrive qu'après s'être déjà réchauffée en rafraîchissant les cylindres de la pompe de compression et du piston moteur en circulant successivement dans leurs enveloppes. Cette eau est refoulée dans cette circulation par une petite pompe alimentaire mise en mouvement par la machine.

Au bout de quelques minutes de marche la chaleur cédée à l'eau par les gaz qui s'échappent du cylindre moteur suffit pour produire dans le générateur de vapeur une pression de 3 à 4 atmosphères. On peut dès lors marcher à gaz et à vapeur combinés. Il suffit pour cela d'ouvrir un robinet et le tiroir d'admission admet à chaque course du piston moteur une certaine proportion de vapeur qui se mélange au gaz détonant. La machine est munie d'un régulateur qui fait varier au moyen d'une came la distribution du mélange détonant au cylindre de compression. Il faut à la mise en train enflammer une première fois ce mélange.

Les proportions du mélange de gaz et d'air admis dans la pompe de compression sont d'environ 1 volume de gaz pour 10 volumes d'air. La machine consommerait $1^{m^2},12$ environ par cheval disponible sur l'arbre moteur, équivalent à $1^{k},12$ de charbon avec un rendement de 75 p. 100. L'arbre de couche placé à la partie inférieure est à double coude pour le cylindre moteur et porte

à son extrémité un plateau-manivelle qui commande directement la bielle du piston de compression, et l'arbre vertical du régulateur au moyen d'une paire de roues d'angle. Les paliers de l'arbre sont venus de fonte avec le socle-bâti de la machine.

Moteur à pétrole. — MM. Thomson, Sterne et Cie avaient exposé dans la section anglaise un moteur à hydrocarbures. Un bâti en forme de caisse oblongue assez élevée porte deux cylindres verticaux. L'un est le cylindre moteur, agissant à simple effet, l'autre sert de pompe à air ; ils communiquent tous deux au moyen d'un tuyau par lequel l'air comprimé dans la pompe se rend le cylindre moteur. L'air avant son entrée dans le cylindre traverse des disques de bronze perforés, entre lesquels sont interposées des toiles métalliques. L'espace annulaire au-dessus des disques est rempli de feutre et c'est dans cette garniture qu'arrive l'hydrocarbure. Celui-ci se répand sur les disques et en imprègne l'air comprimé qui les traverse en formant un mélange dont la combustion s'effectue dans le cylindre moteur. La flamme allumée dans la chambre de combustion au moment de la mise en train détermine la combustion qui subsiste pendant toute la durée de la marche de la machine. L'air mélangé d'hydrocarbure s'allume ainsi dans l'espace réservé sous les disques et agit par détente sur le piston pendant la course descendante.

La sortie de l'air de la pompe de compression et son arrivée dans le cylindre moteur sont réglées par des soupapes commandées par un arbre qui reçoit son mouvement de l'arbre moteur au moyen de deux roues d'angle. Les pistons donnent le mouvement directement aux bielles articulées sur un balancier monté sur l'arbre moteur et placé à la partie inférieure du bâti ; les manivelles sont supprimées et remplacées par de petites plaques flexibles.

Un régulateur est chargé de régler, au moyen d'une came, l'admission de l'air dans le cylindre moteur. L'arbre porte un volant et une poulie.

Diamètre du cylindre moteur	0m,203
Course du piston —	0m,305
Diamètre de la pompe de compression.	0m,203
Course du piston —	0m,152
Nombre de tours.	200
Pression initiale sur le piston moteur.	5 kilog.
Force en chevaux.	5

Moteurs à eau sous pression

Certains moteurs ont en vue l'utilisation de l'eau sous pression des villes, pour le travail en chambre. Mais ces forces motrices dépensent beaucoup d'eau, et leur installation n'est possible que dans les grands centres où le service d'alimentation publique est largement assuré. La pose des tuyaux est parfois très-compliquée. Il faut aussi compter avec les gelées, le manque d'eau pour cause de réparation, des conduites, et autres inconvénients comme l'humidité, par exemple. Cependant, il est des cas, malgré le prix de revient généralemen élevé de l'eau dans les villes où on peut trouver avantageux de l'utiliser comme force motrice, surtout pour des travaux intermittents.

Cinq moteurs hydrauliques figuraient à l'Exposition : ce sont ceux de MM. Schmid Wyss, Turner, Coque, et Pezerat.

Le moteur Wyss est une véritable petite turbine, celui de M. Turner est à cylindre oscillant avec récipient d'air et distribution par robinet.

Le moteur Pezerat est également à cylindre oscillant.

Le moteur Coque ressemble comme aspect général à une machine à vapeur verticale, le piston du cylindre hydraulique transmet son mouvement à l'arbre moteur par une bielle et une manivelle, la distribution d'eau se fait aussi par tiroir.

Le moteur Schmid, de Zurich, est très-ingénieusement disposé. Il se compose d'un bâti, d'un cylindre oscillant, d'un arbre à manivelle et d'un réservoir à air. Le bâti renferme les conduits d'entrée et de sortie d'eau. L'eau arrive par l'orifice central et pénètre tantôt d'un côté du piston, tantôt de l'autre, suivant la position du cylindre, servant lui-même de tiroir. Le récipient d'air amortit les chocs d'eau et donne une grande régularité à la marche. Le contact du cylindre sur son siége de distribution est réglé par une tige filetée, de manière à obtenir un joint convenable.

Quant aux moteurs à ressorts, nous avons peu de chose à en dire. Ce sont des appareils possédant la propriété de pouvoir emmagasiner sous l'action d'un effort musculaire une petite quantité de force motrice qu'ils restituent ensuite dans des conditions différentes.

MM. Schreiber et Salomon de Vienne avaient exposé une couseuse mécanique fondée sur l'emploi des ressorts comme accumulateurs de puissance motrice. Ce sont deux ressorts pesant ensemble 20 kilogrammes qu'on remonte en développant un travail de 1,350 kilogrammètres. Mais le travail absorbé par les ressorts et les transmissions est très-considérable par rapport au travail total et il n'y en a qu'une faible partie utilisée, comme on a pu le constater sur la machine même dont nous parlons.

Nous ne citerons ici que pour mémoire, les moteurs fonctionnant par des vapeurs autres que la vapeur d'eau, comme les moteurs combinés de Du Tremblay (à vapeur d'eau et à vapenr d'éther), les machines à vapeur de chloroforme, essayés par M. Lafond, les machines à acide carbonique liquifié (sous une pression de 50 atmosphères), car l'usage d'aucun de ces systèmes ne s'est répandu, et nous n'en avons rencontré aucune trace dans les galeries du Champ de Mars.

Il résulte, pour nous, de l'examen auquel nous venons de nous livrer, que les moteurs à vapeur d'eau se prêtent certainement à toutes les applications, mais que cependant pour les petites forces d'un cheval ou d'une fraction de cheval, les machines à air chaud ou à gaz, comme le moteur Bischop, sont actuellemens susceptibles de rendre de grands services à la petite industrie.

LUCHARD.

LA CARROSSERIE

PAR

M. ANTHONY,

Ingénieur des arts et manufactures, officier d'Académie.

SOMMAIRE

Poids des voitures. — Roues, essieux, ressorts. — Suspension des voitures. — Avant-trains de la vitesse, du tirage et de la douceur de suspension. — Caisses. — Voitures diverses. — Appareils enregistreurs. — Conclusion.

La carrosserie et le charronnage occupaient, à l'Exposition universelle de 1878 à Paris, un espace considérable et bien en rapport avec l'importance chaque jour plus grande que prend cette branche de l'industrie.

Je résumerai rapidement les dispositions nouvelles et les progrès réalisés dans les principales parties des voitures. Après avoir rappelé les causes qui influent sur le tirage des voitures, j'examinerai successivement les roues, les essieux, les ressorts, les avant-trains, les caisses, les différentes voitures présentant des innovations, et enfin l'odographe, le dynamomètre et le séismographe, appareils enregistreurs qui peuvent servir à constater la vitesse, le tirage et la douceur de suspension des voitures.

Le *tirage* ou l'effort de traction que le cheval doit exercer pour traîner une voiture sur un sol horizontal, est d'autant plus petit que la voiture est plus légère, que les roues sont plus hautes, que le diamètre des fusées d'essieux est plus petit, que le graissage des essieux et que la suspension sont meilleurs. Il faut donc se préoccuper, relativement au tirage, du poids des voitures, de la forme, de la hauteur et de la position des roues, du système de graissage des essieux et des meilleurs systèmes de suspension.

Poids des voitures.

Au point de vue de la légèreté, on doit d'abord signaler les voitures américaines; l'une d'elles, le sulky, composée de deux grandes roues, d'un essieu, de deux brancards et d'un siège en fer, pesait 25 kilogrammes; c'est une voiture de course destinée à ne porter qu'une seule personne. Le buggy (1), fig. 52, muni de grandes roues, monté sur ressorts et ayant quatre places, pesait environ 100 kilogrammes, soit 25 kilogrammes de poids mort par personne; pour se servir du marchepied, il faut braquer l'avant-train autant que la grande hauteur des roues le permet et passer entre la roue ainsi inclinée et la caisse. Dans d'autres types de voitures, fig. 53, les marchepieds sont fixés entre les roues, comme dans nos phaétons à portières. Toutes les voitures, genre américain, ont de petits essieux, de grandes roues, sont d'un poids peu considérable et réu-

(1) Voir les planches 1 et 2 pour les figures 45 à 81.

nissent ainsi plusieurs qualités importantes qui manquent à notre genre européen; ces voitures, très-employées en Amérique où, pour aller vite, on sacrifie tout à la légèreté, n'ont pas encore acquis droit de cité chez nous : elles sont bien construites, les détails en sont bien soignés, mais il leur manque le confortable; les roues gênent pour monter et descendre, les ressorts sont trop ouverts et trop rapprochés des caisses qui sont montées trop haut; la stabilité laisse donc à désirer.

Quant au genre lourd, les voitures exposées n'étaient qu'une copie assez exacte de nos voitures françaises, ce qui indique que dans ce genre, il n'y a pas encore de types particuliers aux États-Unis.

Au point de vue de la légèreté, le Canada et l'Australie viennent après les États-Unis, avec des types qui diffèrent peu des précédents.

Puis vient l'Angleterre, dont les voitures sont de formes spéciales, qui les font reconnaître à première vue; tout devient plus solide, la voiture est plus confortable; c'est le genre des voitures françaises, mais avec des formes originales et beaucoup plus de légèreté dans toutes les ferrures; très-souvent l'acier remplace le fer.

La Belgique suit nos modes, les ferrures sont plus fortes que celles des Anglais.

L'Autriche-Hongrie, la Russie, l'Italie et la Hollande s'inspirent des modes de Paris et de Londres, mais, à part quelques voitures construites dans les grands centres, les autres sont trop lourdes et ne suivent nos formes que de loin.

La Suisse était représentée par une voiture construite en fer et en acier, pouvant porter quatre personnes et qui ne pesait que 150 kilogrammes. Le poids mort, par personne, est donc dans ce cas de $37^{k},5$. M. J. Urfer, d'Interlaken, avait été amené à comprendre l'importance de la légèreté des voitures par sa situation au milieu des montagnes du canton de Berne.

Les voitures norwégiennes ne feront sans doute pas école à Paris; je dois cependant signaler ici, au point de vue de la légèreté, ces voitures à deux roues dont la caisse en forme de coquille est suspendue sur deux ressorts superposés, placés sur chacun des côtés.

Comparée à la légèreté américaine, notre construction paraît trop lourde et il est certain que si l'on pesait régulièrement les voitures, on en diminuerait peu à peu le poids, en employant davantage l'acier. Je dois signaler ici, dans cet ordre d'idées, les dessins de voiture en acier, exposés par M. Jeantaud, qui arrive à supprimer complétement le bois dans les caisses et à réduire le poids d'un mylord à 350 kilogrammes. La Compagnie des Petites-Voitures et plusieurs autres constructeurs, avaient aussi exposé des produits qui dénotaient la préoccupation de diminuer le poids en réduisant, dans une large mesure, toutes les dimensions, sans nuire à la solidité nécessaire pour résister aux chocs produits par le roulement sur nos routes pavées.

Un mylord pèse environ 420 kilogr,; en supposant deux voyageurs et le cocher, le poids mort par personne est de 140 kilogr., et s'il n'y a qu'un seul voyageur, il s'élève à 210 kilogr.

Un landau pèse environ 650 kilogr.; en supposant quatre voyageurs et le cocher, le poids mort par personne est de 130 kilogr., et s'il n'y a qu'un seul voyageur, il s'élève à 325 kilogr.

Un petit coupé pèse environ 480 kilogr.; en supposant deux voyageurs et le cocher, le poids mort par personne est de 160 kilogr., et s'il n'y a qu'un seul voyageur, il s'élève à 240 kilogr.

On voit par ces chiffres, que l'on peut avec raison appeler nos voitures de luxe des voitures lourdes; comparons-les avec quelques types d'omnibus.

Les voitures de la Compagnie des Omnibus, qui circulent à Paris, ont 28 places de voyageurs, soit trente personnes avec le cocher et le conducteur; le poids à vide de chaque voiture est de 1710 kilogr., ce qui correspond à 57 kilogr. de poids mort par personne. La même voiture chargée pèse 3650 kilogr.; chaque cheval traîne donc 1,825 kilogr.

Le nouveau type, exposé par la Cie, est un omnibus traîné par trois chevaux et ayant 40 places de voyageur, soit 42 places avec le cocher et le conducteur. Le poids à vide de cette voiture est de 2600 kilogr., ce qui correspond à 62 kilogr. de poids mort par personne. Cette augmentation, relativement à la voiture à 28 places, provient de ce que le cube réservé à chaque voyageur est plus considérable, ces voitures étant bien plus confortables que les anciennes. La même voiture, chargée de 42 personnes, d'un poids moyen de 65 kilogr., pèse 5 360 kilogr.; elle est traînée par trois chevaux; la charge que traîne chacun d'eux est donc de 1 786 kilogr., soit un peu moins que dans le type actuel à 28 places.

L'omnibus à 6 places intérieures construit par M. Jeantaud, pour la Compagnie des Petites Voitures, pèse à vide 634 kilogr.; en supposant deux personnes sur le siège, le poids mort par personne est de 79 kilogr. Le poids total est de 1 154 kilogr.; chacun des deux chevaux a donc 577 kilogr. à traîner.

En résumé le poids mort par personne varie dans les proportions suivantes en supposant les voitures au complet :

	Environ.
Voitures américaines	25 kilogr.
— suisse, en fer, de M. J. Urfer	37,500
Omnibus à 28 places de la Cie des Omnibus	57
— 40 — —	62
— 6 — de M. Jeantaud	79
Landau	130
Mylord	140
Coupé deux places	160

D'après ces exemples et pour des charges complètes, on voit que dans les voitures américaines le poids mort est d'environ le tiers du poids d'une personne; dans la voiture suisse, il est de la moitié; dans les omnibus, il est environ égal à ce poids, tandis que dans nos voitures de luxe, il est au moins deux fois plus fort que dans les omnibus. Il faut de plus remarquer que dans nos voitures de luxe, la petite roue est plus chargée que la grande, ce qui augmente encore le tirage; tandis que dans les omnibus, et c'est là leur grand avantage, on peut faire porter la plus grande partie de la charge sur une très-grande roue.

Comme terme de comparaison, je dois citer la plus forte voiture de transport exposée jusqu'à ce jour; elle était construite par MM. Sabon et Renault (successeurs de M. Dauvillier). Cette voiture de transport, fig. 69, sur laquelle j'aurai à revenir, pèse 9 500 kilogr., et peut porter 40,000 kilogr. Le poids mort est donc inférieur, dans cette voiture, au quart du poids transporté, tandis que, dans la voiture américaine, il est égal au tiers de ce même poids, en admettant 75 kilogr. comme poids moyen d'une personne : cette différence, qui donne au point de vue de la légèreté relative, le première place au plus lourd chariot exposé, provient du volume occupé par les poids dans les deux cas, volume qui est bien moindre à poids égal pour le matériel de guerre que pour les personnes.

Roues.

Toutes les voitures exposées, sauf une qui était montée avec des roues en fil de fer et celles de la section agricole, qui pour la plupart avaient des roues métalliques, étaient montées avec des roues en bois.

La roue en bois se compose d'un moyeu, recevant un certain nombre de rais qui se terminent dans la jante.

On pratique des mortaises rectangulaires dans le moyeu pour recevoir les rais, qui sont en général pour nos voitures de luxe au nombre de douze pour la roue de devant, et de quatorze pour la roue de derrière.

Ces rais, emmanchés à force dans le moyeu suivant une direction qui s'éloigne plus ou moins du plan perpendiculaire à son axe, sont dans une surface conique dont chaque génératrice forme avec le plan perpendiculaire un angle qui constitue l'*écuanteur de la roue.*

Lorsque les rais sont ainsi fixés, toutes les mortaises étant juxta-posées, le moyeu est affaibli. On place quelquefois les mortaises sur deux rangs ; la surface conique ne contient plus alors les rais que de deux en deux, les intermédiaires étant dans une autre surface conique, d'écuanteur différent; ce système, dit à *rais entrelacés*, fig. 70, affaiblit moins le moyeu, rend ainsi la roue plus solide et donne un meilleur roulage, comme on le verra plus loin.

L'extérieur de la roue se compose d'une jante qui reçoit les extrémités des rais, ou broches, dans des mortaises rectangulaires, cylindriques ou coniques.

La jante se fait le plus souvent en plusieurs pièces chantournées dans un plateau; le bois étant de fil, les extrémités intérieures des joints ou des mentons des jantes, se cassent facilement et les joints se trouvant au milieu de l'intervalle de deux rais, sont alors dans les parties les plus fatiguées des roues.

On fait aussi quelquefois des jantes en une ou deux pièces, en acacia ou en frêne cintré à la vapeur; mais cette opération affaiblit le bois et les joints placés entre les rais fléchissent alors trop facilement; aussi, au lieu de mettre les joints au milieu de l'intervalle de deux rais, on les place souvent au bout d'un rai; il faut alors une double plaque pour maintenir le joint de chaque côté ; un rivet tient ces deux plaques et passe dans la broche du rai, ce qui l'affaiblit un peu.

Les jantes sont maintenues par un bandage en fer, quelquefois en acier, posé à chaud et qui en refroidissant vient exercer un serrage énergique sur tous les assemblages de la roue et lui donner une grande solidité.

Le petit bout du moyeu est maintenu par une frette et le gros bout par un cordon. On place aussi quelquefois des cordons derrière et devant les rais surtout dans les roues à rais non entrelacés et pour de fortes charges; le cordon de devant tient difficilement par suite des vibrations des roues et de leur inclinaieon provenant du devers de l'essieu.

Examinons la position que doit occuper successivement chaque rai, quand il supporte le poids de la voiture, et l'influence du profil en travers des routes.

Position des rais. — Pendant que la rou etourne, chaque rai porte successivement le poids de la voiture, et on peut, à ce moment, le comparer à une colonne dans une construction; sa position doit donc être verticale : or, les voitures roulant sur des routes dont le profil en travers se rapproche d'un arc de cercle, le rai ne peut tomber verticalement que dans l'axe de la route, tandis qu'à droite et à gauche, il porte obliquement; dans cette dernière position, l'équilibre de la roue n'a plus lieu et elle tomberait si elle n'était retenue par

la fusée d'essieu sur laquelle la boîte de roue produit une sorte de coincement : la boîte, au lieu de porter sous toute l'étendue du dessous de la fusée, n'a plus que deux points de contact avec elle, l'un en dessous à un bout, l'autre en dessus à l'autre bout; la pression par centimètre carré augmente alors dans une grande proportion, et chasse l'huile, le tirage augmente par suite du mauvais graissage, la fusée chauffe et la boîte de roue peut gripper et s'enrayer sur l'essieu. Cet effet se produit d'autant plus facilement que les voitures sont plus lourdement chargées.

Pour éviter cet inconvénient, il suffit d'entrelacer les rais de façon que la verticale passant dans le milieu du bandage, à son contact sur le sol, soit toujours comprise dans l'angle formé par les génératrices des deux cônes contenant les rais entrelacés, et cela même dans la position la plus défavorable, c'est-à-dire sur les accotements des routes.

L'entrelacement des rais doit donc correspondre au profil en travers des routes sur lesquelles les voitures ont à circuler et l'angle de deux rais entrelacés doit être sensiblement égal à l'angle des deux rayons extrêmes de ce profil.

L'entrelacement des rais pourrait être remplacé par une plus grande largeur dans le sens de l'axe du moyeu, et une moindre largeur dans l'autre sens, donnée près de la patte à chaque rai, qui reprendrait peu à peu sa forme à mesure qu'il s'approcherait de la jante, de façon à avoir une section à peu près constante.

Avec des rais convenablement entrelacés, la roue n'a dans aucun cas de poussée latérale; la circulation de l'huile se fait alors entre les surfaces sous la pression prévue, l'essieu ne peut chauffer et le coefficient de frottement étant réduit au minimum, le roulage se fait dans les meilleures conditions possibles.

Influence du profil en travers des routes. — Pour que les bandages, qui sont cylindriques, portent de toute leur largeur en roulant sur le sol, il faut que leurs bords lui soient perpendiculaires, et pour cela que les plans passant par les bords des bandages se rencontrent au centre du profil en travers de la route. L'écuanteur de la roue, de même que le devers de l'essieu qui doit lui correspondre exactement, doivent donc varier suivant la distance entre les deux roues et être égaux à la moitié de l'angle formé par les plans des deux roues, placés dans les conditions ci-dessus.

Écuanteur des roues. — Pratiquement on donne aux roues de carrosserie un écuanteur qui varie de 1/15 à 1/10 et qui est souvent plus grand pour les roues de charronnage montées sur des fusées coniques.

La roue sans écuanteur, à rais non entrelacés, n'est pas solide, parce que la moindre flexion des rais, en les rendant plus courts, enlève ainsi le serrage du cercle.

L'écuanteur rend la roue plus solide, deux rais opposés formant un triangle avec le plan du cercle qui les maintient solidement; il l'empêche de s'aplatir par les chocs contre les trottoirs; le bandage se trouve plus écarté de la voiture, il laisse ainsi plus de place aux renflements des caisses et projette la boue en dehors.

La roue à rais entrelacés, avec ou sans écuanteur, présente les mêmes avantages et est plus solide, le moyeu formant un triangle avec deux rais successifs quelconques; elle résiste aux chocs intérieurs contre les pavés, aussi bien qu'aux chocs extérieurs contre les trottoirs et est ainsi complétement indéformable.

Dans la roue ordinaire, si la pression du bandage empêche la roue de s'a-

platir, elle ne l'empêche pas de prendre plus d'écuanteur par l'usage et par l'effet des chocs intérieurs; il faut alors châtrer la roue, c'est-à-dire refouler le cercle qui n'a plus de serrage et le reposer à chaud, ce qui quelquefois change l'écuanteur de la roue et donne un mauvais roulage.

Position des roues. — Une question qui préoccupe souvent l'acheteur est d'avoir une voiture à train court, c'est-à-dire dans laquelle les essieux soient peu éloignés, pensant ainsi diminuer le tirage. Or, la règle à suivre est de charger autant que possible la grande roue : dans les omnibus, la porte étant derrière, on peut avancer la grande roue sous la charge et lui faire porter beaucoup plus qu'à la roue de devant. Le bon résultat que donne cette voiture provient de la position de la grande roue sous la charge et non de ce que le train est court. Dans toutes les voitures, ayant les portes sur les côtés, on ne peut avancer la roue d'arrière, puisqu'il faut laisser l'ouverture à la porte, et si on rapproche alors la petite roue, pour raccourcir le train, on augmente sa charge et par conséquent le tirage.

Les roues à l'Exposition de 1878. — Les différents genres de roues employés dans l'industrie de la voiture étaient représentés par plusieurs expositions importantes. Dans la section française je citerai les deux grandes roues de Fardier montées sur leur essieu, exposées par MM. Bahuchet et Rivière; les roues du chariot de MM. Sabon et Renault, destiné à porter 40 000 kilogr.; ces roues, à beaucoup près les plus fortes de l'Exposition, avaient des bandages de 32 centimètres de largeur et de 45 millimètres d'épaisseur, qui pesaient 175 kilogr. pour chaque roue d'avant, et 275 kilogr. pour chaque roue d'arrière; les roues d'avant avaient $1^m,10$ de diamètre et celles d'arrière $1^m,40$.

Les roues du chariot destiné à porter 14 000 kilogr. de MM. Lemercier et Larochette et celles du chariot de MM. Chambard et Cuillier, d'Auxerre, étaient aussi remarquables par leur force. Cette dernière maison exposait une belle collection de roues munies de leurs essieux, pour voitures agricoles.

Les roues de M. Hannoyer et de MM. Colas et Cie présentaient des types exacts et parfaitement exécutés de nos roues de carrosserie et de charronnage.

L'exposition belge de MM. Duhamel et Cie présentait des roues bien construites pour carrosserie et voitures de transport.

L'exposition russe montrait des roues à rais très-enlacés dont les formes s'éloignaient un peu des nôtres; l'essence du bois n'était plus la même; ces roues étaient en chêne, comme on le fait en France pour les voitures de gros charronnage, tandis que nos roues de carrosserie ont d'habitude le moyeu en orme, les jantes en frêne en une, deux ou plusieurs pièces, et les rais en acacia, le tout réuni par un bandage en fer posé à chaud.

Les roues anglaises étaient un peu plus légères que les nôtres et bandées en acier; celles des importantes expositions des États-Unis et du Canada nous montraient presque exclusivement le genre léger et les résultats du travail mécanique.

Dans ces roues américaines, les jantes sont faites en une ou deux pièces cintrées à la vapeur; les joints se font au-dessus des rais. L'emploi exclusif du bois d'hickory (espèce de noyer d'Amérique), qui a une résistance supérieure à celle des essences que nous employons pour nos roues, à la condition d'être coupé dans la saison convenable (entre les mois de juillet et de janvier), a permis aux constructeurs d'obtenir une grande légèreté sans nuire à la solidité. Les rais sont très-fortement entrelacés, dans un grand nombre de ces roues; ce mode de construction coupe moins le moyeu, les mortaises étant sur deux rangs, (fig. 70), et le moyeu forme avec deux rais successifs quelconques un

triangle dans le sens de l'axe de la roue; il en résulte une plus grande solidité; les fusées portent mieux dans les boîtes, l'essieu ne peut chauffer et le roulage est bien plus facile.

Pour consolider les moyeux, qui sont très-petits, on avait exposé plusieurs systèmes; l'un d'eux consistait à serrer la base des rais, près du moyeu, par deux rondelles métalliques, que l'on reliait par des rivets dont les têtes formaient saillie.

Afin d'éviter cet inconvénient, d'autres roues présentaient la disposition suivante : les deux rondelles étaient fondues ensemble et réunies par des cloisons qui séparaient les rais; ce système ne permet pas de faire des rais entrelacés. Pour empêcher la sortie des rais, M. Seidle avait exposé un système analogue, mais dans lequel au milieu de chaque mortaise se trouvait un coin parallèle aux cloisons, fondu avec les deux rondelles et servant à fendre le rai, quand on l'enfonce dans le moyeu (fig. 71); l'élargissement ainsi produit emprisonne le rai dans le moyeu et rend la roue très-solide.

MM. Hoopes frères et Darlington avaient exposé le système Dorman, analogue au précédent et qui en diffère en ce que le coin n'est pas fondu, la mortaise est libre comme dans le second système; on scie le bout du rai en deux endroits et on y introduit deux coins en bois; en enfonçant le rai, les deux coins s'enfoncent en même temps et élargissent la base du rai, qui force dans la mortaise du moyeu; ce procédé, qui est très-employé, rend de même la roue très-solide.

Les anciennes roues avaient un écuanteur bien plus considérable que celui donné actuellement aux roues de carrosserie; on pouvait voir encore un spécimen de ces anciennes formes dans les roues exposées par l'artillerie hollandaise; le rai posant sur le sol était loin d'être vertical; cette forme était adoptée dans l'intention de ne faire tomber le rai d'aplomb que sur le côté incliné de la route pour la roue la plus chargée, de résister aux chocs contre les trottoirs, car la roue ne peut pas s'aplatir étant solidement maintenue par le cercle et enfin de donner de l'élasticité par la flexion des rais; cette flexion, si elle existe, ne peut se produire qu'au détrimeut de la solidité, car si le rai est élastique, sa flexion augmente l'écuanteur et le bandage perd son serrage; par la même raison, cette roue résiste moins bien aux chocs intérieurs qui sont très-fréquents dans les glissements transversaux sur les pavés; elle est dans de très-mauvaises conditions au point de vue du roulage; de plus la charge de la voiture et la pression du cercle fatiguent les pattes des rais et les mortaises des moyeux. Avec des roues à rais convenablement entrelacés, on peut avoir toujours un rai tombant d'aplomb sur chaque côté des routes, sans avoir aucun des inconvénients précédents.

Dans les machines agricoles beaucoup de roues avaient aussi ce défaut, ces roues avaient, en général, des rais en fer et des moyeux en fonte et presque toutes avaient de l'écuanteur; or, les essieux de ces machines n'ayant pas de devers, c'est-à-dire l'axe de la fusée n'étant pas incliné par rapport à l'axe de l'essieu, l'écuanteur de la roue était nuisible puisqu'il faisait tomber le rai obliquement : or, il est important que l'écuanteur de la roue soit en rapport avec le devers de l'essieu, de façon que les rais tombent d'aplomb sur un sol horizontal.

La roue est la partie de la voiture qui fatigue le plus, car elle reçoit sans intermédiaire tous les chocs provenant des aspérités du sol.

On a cherché à amortir ces chocs et surtout à donner à la voiture une grande douceur en employant le caoutchouc, soit autour des cercles, soit entre la boîte et le moyeu.

Bandages en caoutchouc. — Plusieurs systèmes de bandages en caoutchouc étaient exposés; l'un des plus anciens, exposé par M. Meyer, était appliqué à des roues ayant des rais en fil de fer, vissés dans le moyeu et rivés dans la jante. Le caoutchouc est sous forme de tube dont l'ouverture, très-petite, est remplie par un fil de fer dont les extrémités taraudées en sens inverse sont réunies par un écrou, qui donne au bandage le serrage nécessaire dans la jante creuse, en forme de demi-cercle. C'est le système généralement appliqué aux roues de vélocipèdes ou de voitures légères. Le même système est employé sur les roues en bois; dans ce cas le bandage est en fer en U.

Des roues légères avaient une jante en bois d'une seule pièce dont les extrémités étaient réunies par une ferrure; le bandage en caoutchouc était collé directement sur le bois et il n'y avait pas de bandage en fer.

Pour les voitures du genre lourd, il y avait plusieurs systèmes de bandages en caoutchouc appliqués sur des roues ayant les moyeux et les rais en bois comme d'habitude.

Plusieurs voitures dans la section russe avaient leurs roues entièrement en bois avec bandage en fer en U, contenant un caoutchouc fixé comme ceux des vélocipèdes, soit en tendant et collant le caoutchouc dans le fer, soit par l'emploi d'un fil intérieur.

Dans la section anglaise, M. F. Mulliner avait exposé des roues ayant aussi des jantes en bois et un cercle en fer ordinaire; le bandage en caoutchouc était maintenu sur les côtés par deux disques en fer boulonnés sur la jante en bois qu'ils affleuraient en dedans et dépassaient à l'extérieur pour se terminer par un rebord rentrant de chaque côté dans une rainure réservée au bandage en caoutchouc, (fig. 73).

Dans tous les systèmes précédents, le caoutchouc se lamine entre le sol et le fer de la roue sous le poids de la voiture et il tend à se produire un mouvement d'avancement du cercle en caoutchouc par rapport au bandage. C'est ce mouvement qui faisait sortir du fer les anciens bandages en caoutchouc d'une seule pièce, montés sans fil de fer intérieur, et qui n'étaient maintenus que par la tension du caoutchouc et c'est aussi ce même mouvement qui, dans les bandages en caoutchouc, comprimés par un fil de fer, produit quelquefois la fente du bandage dans le sens de la longueur.

Pour éviter ces inconvénients, on a employé des bandages en caoutchouc souple, soudé à un caoutchouc durci, fixé lui-même sur une forte toile; ce système empêche complétement le mouvement d'avancement et rend inutile l'emploi du fil de fer intérieur, mais il faut mouler le bandage en caoutchouc dans un fer en U préparé d'avance et ajusté à la roue, puis les mettre au four pour vulcaniser le caoutchouc : il faut donc supprimer la jante en bois.

Dans le système de MM. Jeantaud et Menier, au lieu de cette forte toile, on interpose une épaisseur de caoutchouc souple entre le cercle en fer en U et le caoutchouc durci, qui est recouvert d'une forte épaisseur de caoutchouc souple, pour le roulement sur le sol. On prépare la roue avec moyeu et rais en bois; comme il n'y a pas d'autre jante que le fer en U, on fixe sur ce cercle, au moyen de vis taraudées, des douilles à deux oreilles qui reçoivent les extrémités des rais; on démonte le cercle, on y moule le bandage en caoutchouc, on passe au four, et quand le bandage en caoutchouc est en place on remonte la roue; le serrage est obtenu en donnant un peu plus d'écuanteur à la roue, au moment de la pose du cercle; puis la roue reprenant sa forme, son diamètre augmente et le bandage se trouve solidement fixé par les vis des douilles et la pression des rais. M. Jeantaud avait exposé un coupé monté avec des roues de ce système (fig. 74), qui me paraît supérieur aux précédents.

L'emploi du caoutchouc autour des roues augmente leur durée, diminue les

secousses provenant du sol, donne beaucoup de douceur à la voiture et la rend très-silencieuse, le bruit de roulement sur le pavé n'existant plus et les autres bruits étant bien amortis; ces avantages sont fort appréciés de beaucoup de clients, mais le prix très-élevé de tous ces systèmes en restreint forcément l'usage.

Interposition du caoutchouc entre la boîte et le moyeu. — Pour arriver à un résultat analogue au point de vue de la douceur de la voiture, j'avais exposé un système de bobines ou bagues coniques en caoutchouc, placées entre la boîte d'essieu et le moyeu, de façon à les isoler complétement. Les vibrations ne pouvant plus être transmises de la roue à la voiture que par l'intermédiaire du caoutchouc, sont ainsi considérablement amorties, de même que le bruit de bourdonnement des caisses qui est le résultat de ces vibrations. Le mouvement à obtenir dans ce système n'est pas vertical; les ressorts suffisent amplement à donner de la souplesse dans ce sens, mais les chocs transmis par les roues dans leur roulement sur les aspérités du sol, n'ont pas seulement la direction verticale; il y a les chocs en avant, dans le sens de la traction, produits par la rencontre de ces aspérités, et les chocs latéraux produits par le glissement de la roue contre les pentes des pavés. C'est contre ces deux mouvements surtout, que les bobines en caoutchouc, qui permettent à la roue des mouvements d'oscillation latérale, ont leur incontestable utilité; il faut donc rendre ce mouvement d'oscillation facile, en mettant les épaisseurs de caoutchouc les plus fortes aux deux extrémités du moyeu (fig. 81) : la forme conique remplit parfaitement cette condition.

Un système du même genre était exposé dans la section des États-Unis et avait été appliqué à un certain nombre de voitures. Dans ce système les manchons en caoutchouc sont cylindriques et évidés aux deux extrémités pour loger l'écrou de serrage et la tête de la boîte; le moyeu est plus affaibli près de l'enrayage et la souplesse est moins grande que dans le système précédent.

Ces deux systèmes demandent un boîtage parfait et exigent une machine spéciale à percer les moyeux, en se centrant parfaitement sur le cercle.

Machines à roues. — Il y avait dans la section française de très-belles expositions de machines à faire les roues, entre autres des machines à faire six rais à la fois; la machine à tourner les moyeux avec un outil ayant le profil exact que l'on veut obtenir, et qui fait l'opération en moins de deux minutes; la machine de M. Colas à embattre les roues, avec un cercle à une température peu élevée, de façon à éviter de carboniser le dessus de la jante; cette opération se fait au moyen d'une série de leviers mus par la presse hydraulique; on exerce une pression énergique sur le pourtour de la roue qui est ainsi régularisé, les jantes prennent leur courbure définitive et tous les joints viennent porter. On place alors sur la roue le cercle qui vient d'être mandriné et est aussi bien rond; une température peu élevée suffit alors pour qu'on puisse mettre le bandage en place sans difficulté et pour qu'il serre suffisamment étant refroidi.

Toutes ces machines ne peuvent servir qu'à des fabricants spéciaux de roues; les carrossiers n'ont pas, en général, assez de roues à faire, pour les occuper suffisamment et en retirer une économie de main-d'œuvre qui puisse en amortir l'installation. Il n'en est pas de même des machines à souder, à cintrer les cercles, à percer, qui n'étant pas d'un prix élevé, trouvent avantageusement leur place dans tous les ateliers et facilitent beaucoup le travail. Ces machines étaient en assez grand nombre à l'Exposition. Je citerai encore une machine américaine à mortaiser les moyeux et à faire les pattes et les broches des rais et une machine à percer, de MM. Sculfort et Mailliard, pouvant aussi mortaiser les moyeux sous un angle variable suivant l'écuanteur de la roue, machine qui me parait simple et bien disposée.

Essieux.

Le fer est, depuis longtemps, la seule matière employée à la fabrication des essieux de voitures; jusqu'à présent on n'a fait que très-rarement des essieux en acier; il y aurait cependant, au point de vue de la légèreté, intérêt à employer des aciers doux, surtout en amortissant les chocs par l'emploi du caoutchouc, ce qui permettrait de réduire les dimensions sans danger.

L'essieu se compose de deux parties principales : le corps, partie de l'essieu comprise entre les deux rondelles, et les fusées ajustées dans les boîtes fixées dans les roues.

Les *corps d'essieu* des voitures exposées avaient presque tous la forme suivante : ils étaient ronds au milieu, puis devenaient huit pans et enfin carrés près des rondelles et sous les patins qui supportent les ressorts.

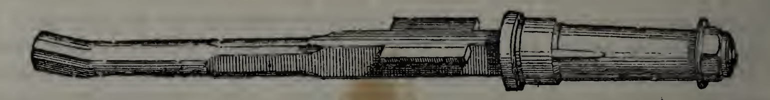


Fig. 1. — Essieu patent avec patin à brides.

La fig. 1 représente la moitié d'un essieu patent avec patin à brides.

Dans quelques voitures, la partie carrée était posée sur quarre, au lieu de l'être à plat.

Les essieux pour lourdes charges ont souvent le corps carré ou un peu méplat dans toute leur longueur.

Plusieurs exposants belges avaient adopté cette dernière forme, mais en arrondissant les côtés : la section avait ainsi une forme olive aplatie en dessus et en dessous.

M. Kolber, de Buda-Pesth avait exposé un chariot de chasse avec l'essieu encastré dans le bois et percé pour recevoir la cheville ouvrière.

Dans l'exposition russe et dans l'exposition autrichienne, il y avait aussi deux voitures ayant un essieu dont le milieu formait douille pour recevoir la cheville ouvrière. Avec ces montages, les ressorts sont fixés à la voiture et ne tournent pas avec l'avant-train. Dans une autre voiture russe, l'essieu était arrondi entre le ressort et la rondelle pour recevoir les extrémités des brancards; l'attelage se faisait directement à l'essieu.

Le patin le plus employé est celui qui permet de monter le ressort avec deux brides; le patin à boulons n'a que la largeur du ressort et oblige à percer deux trous pour réunir les deux pièces; on ne l'emploie que pour des voitures très-légères.

Dans les voitures anglaises, les essieux avaient des patins à brides dégagés de chaque côté du ressort, de façon à ne montrer que la partie dans laquelle passent les brides, ce qui rend l'essieu un peu plus léger.

Dans les fortes voitures, souvent le patin était sous l'essieu; le ressort est alors maintenu par des brides, qu'il faut faire extrêmement solides, puisqu'elles supportent toute la charge; ce montage permet de baisser le centre de gravité de l'épaisseur de l'essieu et du ressort réunis; or, en baissant le centre de gravité on augmente la stabilité.

C'est dans le même but que beaucoup d'omnibus étaient montés avec des essieux à corps cintré ou coudé suivant les formes de caisse.

Les essieux montés à la voiture de MM. Lemercier et Larochette et pouvant

porter 14 000 kilos, avaient le corps carré et les patins rapportés; les ressorts d'arrière à 15 feuilles étaient placés sous l'essieu, ceux d'avant à 8 feuilles étaient placés sur l'essieu.

M. Lemoine avait exposé un essieu coudé avec un patin surélevé et renvoyé au-dessus du moyeu; cet essieu élève le ressort et réduit le balancement latéral de la voiture.

Fusées d'essieu. — Le *devers* ou *carrossage*, inclinaison de l'axe des fusées sur l'axe du corps, doit correspondre exactement à l'écuanteur de la roue ou à l'écuanteur moyenne dans les roues à rais entrelacés.

Le devers pousse la roue contre la rondelle, ménage ainsi l'écrou de l'essieu, s'oppose au déboitage qui est surtout à craindre avec les boîtes coniques des essieux à graisse et diminue dans les essieux patents la tendance à la fuite d'huile, qui par son poids se maintient du côté hermétiquement fermé de l'essieu; (on peut, du reste, obtenir ce résultat par d'autres moyens).

Le devers de l'essieu doit être tel que le profil inférieur de la fusée soit plus bas de quelques millimètres du côté de l'écrou pour ramener la roue contre la rondelle; ce profil inférieur doit rester dans les mêmes conditions pour toutes les formes de fusées; le devers de la fusée conique doit donc être plus grand que celui de la fusée cylindrique.

On donne aux fusées d'essieu une légère inclinaison en avant ou *serrage*, qui a pour but de contrebalancer la flexion du corps d'essieu dans le sens de la traction et de placer les fusées et le corps d'essieu dans le même plan vertical, quand la voiture chargée roule au trot sur le pavé, c'est-à-dire quand elle est dans les conditions les plus défavorables.

Le devers a cet inconvénient que la moindre inclinaison de l'essieu, en avant ou en arrière de sa position normale, recule ou rapproche les cercles des roues, à la hauteur du centre, et le roulement ne peut se faire qu'avec un glissement latéral qui augmente le tirage et détériore la route.

La résistance au glissement des fusées d'essieux dans leurs boîtes, quoique peu considérable relativement à la résistance au roulement, peut, avec un mauvais montage, prendre une grande importance et produire l'enrayage de l'essieu; il y a donc lieu de s'en préoccuper.

Pour donner à cette résistance sa plus petite valeur, il faut donner à la fusée une surface de glissement assez considérable pour que l'huile puisse se maintenir facilement entre les surfaces et construire la roue de façon que le contact avec la boîte se fasse toujours sous la surface de la fusée, sans que le coincement, dont j'ai dejà parlé, soit jamais possible. Il faut aussi choisir le meilleur système de graissage.

Après avoir employé exclusivement la graisse, on a perfectionné les essieux et on a adopté généralement ceux qui sont lubréfiés à l'huile.

Il y a quatre genres principaux de fusées d'essieux : 1° l'essieu à graisse ou ordinaire; 2° l'essieu demi-patent, 3° l'essieu patent à graisse; 4° l'essieu patent à l'huile.

Essieux à graisse. — Ce genre d'essieu (fig. 2) n'était appliqué qu'aux voitures les plus communes, surtout aux voitures agricoles, pour lesquelles on recherche avant tout le bon marché de construction; mais la nécessité dans laquelle on se trouve de les graisser très-fréquemment, en rend l'entretien coûteux et ils sont par suite moins avantageux que les autres systèmes malgré leur plus bas prix d'achat.

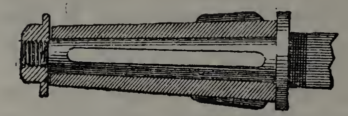
L'essieu à graisse a une fusée conique, la boîte est retenue par un écrou à chapeau; le dessus de la fusée est plat, pour former réservoir de graisse, sans

diminuer la surface en contact sous la fusée; une rainure en forme d'hélice est creusée dans la boîte. Le jeu longitudinal ou battement laisse échapper la graisse.

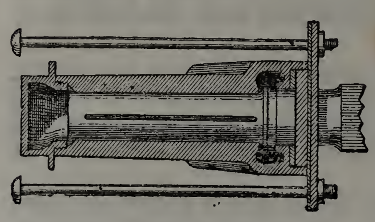
On peut éviter cet inconvénient en plaçant des rondelles en cuir ou mieux des ressorts aux deux extrémités de la boîte, ce qui forme le battement élastique, que je décrirai plus loin.

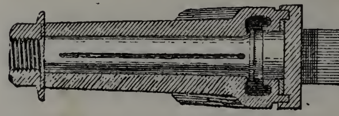
Il y avait de belles expositions d'essieux de charrette à corps carré ou méplat; les fusées sont semblables à celles des essieux à graisse, mais il y a une clavette devant l'écrou; quelquefois l'écrou est remplacé par une simple rondelle, maintenue par une clavette carrée très-solide.

Les plus forts essieux à graisse étaient montés au chariot destiné à porter 40 000 kilos, de MM. Sabon et Renault, les fusées avaient 180 millimètres de diamètre, les boîtes étaient en bronze. Ces deux essieux avec leurs boîtes pesaient environ 1 000 kilos.


Fig. 2. — Essieu à graisse.

L'*essieu demi-patent* (fig. 3). est très-employé en Angleterre pour les voitures de commerce et de transport. La roue est retenue sur l'essieu à fusée cylindrique par une contre-plaque en deux pièces qui s'emmanche derrière la rondelle soudée de l'essieu et est fixée au moyeu par des boulons qui le traversent. Ce système donne une très-grande sécurité, mais il est difficile à régler et l'huile s'échappe constamment derrière le moyeu; de plus, on ne peut le monter ni le démonter facilement, car il faut se placer entre les roues pour serrer les écrous. Cet essieu se graisse à l'huile.


Fig. 3. — Essieu demi-patent.


Fig. 4. — Essieu patent à graisse.

L'*essieu patent à graisse*, (fig. 4) a des fusées cylindriques, il est monté du côté de la rondelle exactement comme l'essieu patent, et de l'autre côté il porte un écrou en fer, garni d'un cuir, contre lequel vient frotter le bout de la boîte. Le graissage doit se renouveler assez souvent. Pour empêcher l'écrou de se desserrer, on taraude l'une des fusées à droite et l'autre à gauche et on place les fusées de façon que la roue en tournant serre l'écrou; mais en reculant, l'effet inverse se produit et l'écrou peut se desserrer.

Pour éviter cet inconvénient, MM. Charlet et Pierret avaient exposé un perfectionnement qui consiste à séparer l'écrou en deux; le chapeau de l'écrou n'est pas taraudé, il est ajusté sur le bout de la fusée, qui porte à cet effet une partie plate, et il ne peut ainsi être entraîné dans le mouvement de rotation de la roue; l'écrou vient serrer le chapeau à sa place.

Cet essieu, presque aussi coûteux que l'essieu patent à l'huile, n'est plus employé pour les voitures de luxe.

Essieu patent à l'huile. — Toutes les voitures de luxe, les omnibus, les voitures de commerce et un grand nombre des plus forts camions sont aujourd'hui montés avec l'essieu patent qui donne le meilleur roulage, reste très-propre, se graisse uniquement à l'huile et à de longs intervalles; cet essieu présente donc de grands avantages relativement aux systèmes précédents. La forte voiture de

MM. Lemercier et Larochette, destinée à porter 14000 kilos, avait des essieux patents de 100 millimètres. L'omnibus à trois chevaux, de la Compagnie des Omnibus de Paris, avait deux essieux patents à huile, coudés, de 68 et 60 millimètres de diamètres de fusées, montés avec des boîtes en bronze à ailettes extérieures destinées à les maintenir dans le moyeu.

L'essieu patent à l'huile, inventé par John Collinge, en 1787, se compose fig. 5, d'une fusée cylindrique avec un renflement ou collet et d'une boîte généralement en fonte. La fusée et la boîte sont cémentées. Du côté de la tête, la boîte frotte sur un cuir qui s'appuie sur une rondelle en fer, soudée ou rapportée à l'essieu; l'autre bout de la boîte est maintenu par une *bague* en bronze (fig. 6) qui s'emmanche à frottement doux sur un emplacement cylindrique, sauf une partie plate en contre-bas qui empêche la rotation. La bague est maintenue le plus souvent par deux écrous (fig. 7), se vissant l'un à droite et l'autre à gauche. Une goupille fendue, (fig. 8), est placée devant le second écrou, et un chapeau en cuivre (fig. 10) jaune recouvre le tout. Les deux écrous se maintiennent mutuellement; mais aussitôt que l'on serre les écrous pour enlever le jeu longitudinal produit par l'usure de la bague et du cuir, la clavette ne touche plus le second écrou et n'empêche plus les écrous de se desserrer. En pratiquant des entailles à ce second écrou, (fig. 9) on évite cet inconvénient. Plusieurs constructeurs, notamment la Compagnie des Omnibus, emploient ce système auquel M. P. Anthoni a donné le nom d'écrou de sûreté, et avec lequel on peut serrer par sixième de tour.

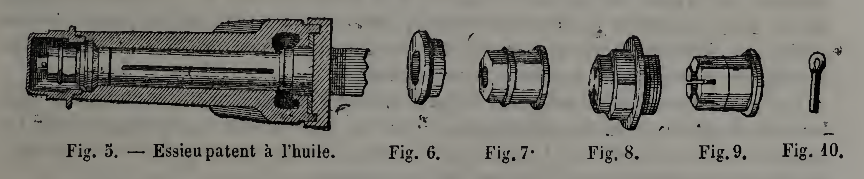


Fig. 5. — Essieu patent à l'huile. Fig. 6. Fig. 7. Fig. 8. Fig. 9. Fig. 10.

Dans les essieux patents, le second écrou reçoit seul tous les chocs, comme on peut s'en rendre compte facilement, et devrait être plus long que le premier qui ne sert que de butée mobile, permettant de régler le jeu longitudinal.

Un fabricant anglais avait exposé un essieu patent dans lequel la bague et l'écrou étaient d'un seul morceau; une pièce ayant intérieurement la forme six pans de l'écrou, et percée pour la clavette d'un trou correspondant à celui de l'essieu, empêchait l'écrou de tourner et permettait de régler d'un sixième de tour comme avec l'écrou de sûreté. Dans ce système, le frottement de la boîte entraîne l'écrou, tandis que dans l'essieu patent la bague, qui ne peut tourner sur l'essieu, supporte ce frottement; de plus, l'écrou unique n'ayant pas de butée n'est pas dans les conditions voulues pour résister aux chocs.

M. Hannoyer avait exposé « un essieu avec un seul écrou indévissable. » La bague forme rochet du côté de l'écrou, qui laisse passer par un trou percé dans son épaisseur un pène formant cliquet et rentrant dans le rochet de la bague; le pène est maintenu par un ressort, le rochet est incliné de façon à permettre le serrage : quand on veut enlever l'écrou, il faut soulever, avec une clef spéciale, le ressort qui pousse le pène dans le rochet. Ce système, qui permet de régler d'une petite fraction de tour, empêche, comme dans l'essieu patent, l'écrou de tourner. La bague est dans de bonnes conditions; mais l'écrou unique sans butée ne peut résister que difficilement aux chocs, surtout pour de fortes charges; j'en indique la cause plus loin.

L'écrou Wiles peut remplacer le second écrou des essieux patents; il n'en diffère que par une fente faite perpendiculairement à l'axe vers

le milieu de la hauteur; une vis permet de rapprocher les deux parties et de serrer le filet de l'écrou dans n'importe quelle position. Cet écrou présente donc un avantage sur l'essieu patent, tel qu'il est employé aujourd'hui; mais il constitue une légère complication, et il faut plus de soin pour le montage.

Pour les fortes charges, on emploie l'*essieu* dit d'*omnibus*, qui a été établi, en 1845, par M. P. Anthoni, pour les Omnibus de Paris; quelquefois on supprime le collet, comme l'indique la fig. 11. La tête de la boîte est plate, ce qui donne plus de portée à la rondelle; la bague est maintenue en place par un seul écrou à entailles (fig. 12) ou sans entailles. (fig. 13)

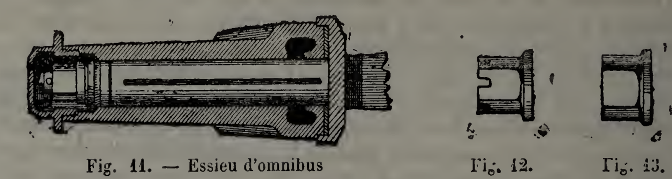


Fig. 11. — Essieu d'omnibus Fig. 12. Fig. 13.

L'écrou à entailles, qui permet de régler le jeu à mesure qu'il se produit, ne tient sur la vis que par le frottement du filet sans s'appuyer sur un épaulement. Les chocs transversaux de la roue matent le filet, qui s'incline peu à peu et finit par s'user complétement; un dernier choc fait passer l'écrou par-dessus le filet; la clavette est bientôt cisaillée et la roue tombe. La clavette ne peut servir qu'à empêcher l'écrou de tourner, mais elle est trop faible pour résister seule aux chocs de la roue quand l'écrou est usé. L'écrou anglais et l'écrou indévissable présentent ce même inconvénient.

L'écrou sans entailles est serré à fond contre l'épaulement de la bague, qui lui sert de butée fixe. Ce montage, qui est le plus solide, ne présente pas les inconvénients du précédent; je l'avais appliqué à un essieu patent de 105 millimètres, à patins, le plus fort qui ait été exposé.

Cet écrou ne pourrait s'appliquer sans modification aux essieux des voitures de luxe, parce qu'on ne peut enlever le jeu longitudinal qu'en changeant le cuir; or, comme on ne peut le changer constamment et que l'usure est constante, il s'ensuit qu'il y a toujours du jeu sur la longueur et que l'huile peut fuir.

Pour éviter la fuite d'huile, on coupe la rondelle de cuir aussi juste que possible sur le collet de l'essieu; si les écrous sont serrés de façon à ne pas laisser de jeu sur la longueur, l'huile ne peut passer.

Pour empêcher le cuir de tourner, MM. Belvalette frères font faire des stries aux collets de leur essieux. MM. Laurent frères emploient dans le même but un cuir embouti qui recouvre la tête de la boîte et rend impossible l'introduction des corps étrangers, puisqu'il n'y a jamais de jeu entre la rondelle et l'extérieur de la boîte; le frottement est légèrement augmenté. Ce système s'applique surtout aux essieux à graisse.

Pour éviter la fuite d'huile et donner de l'élasticité longitudinale, j'avais exposé un *essieu patent à battement élastique* dans lequel la boîte, maintenue entre deux rondelles élastiques ou ressorts, placés à chacune de ses extrémités, peut se mouvoir dans le sens de la longueur de la fusée; la dilatation des rondelles compense l'usure de la bague, et la boîte peut ainsi rouler pendant un certain temps sans qu'il y ait de jeu sur la longueur, (fig. 81).

La bague a une forme symétrique et peut se placer indifféremment des deux côtés, ce qui évite toute erreur de montage, permet de l'user deux fois et augmente un peu la longueur de la fusée, la pression par centimètre carré est diminuée d'autant et la circulation de l'huile est facilitée. L'élasticité longitudinale, obtenue par le battement élastique, protège la voiture contre les mouvements

transversaux des roues et contre une partie des chocs provenant des inégalités du sol.

Les essieux à graisse, qui ont du jeu sur la longueur, permettent aux roues des mouvements transversaux qui n'entraînent pas la voiture. Les boîtes, tout en roulant, peuvent aussi, grâce à ce jeu, glisser dans le sens de la longueur de la fusée; la roue choisit, pour ainsi dire, son chemin entre les sinuosités des joints des pavés, et l'expérience prouve que les voitures montées avec des essieux à graisse ayant du battement donnent moins de tirage sur le pavé que celles montées avec l'essieu patent à l'huile, qui n'a pas de jeu longitudinal.

L'essieu patent à battement élastique est plus facile à monter, puisqu'on peut mettre la bague indifféremment des deux côtés et qu'il suffit de serrer l'écrou à fond, le réglage se faisant seul par les ressorts dont l'élasticité forme un joint hermétique, évitant la fuite d'huile; enfin, il laisse aussi la roue se mouvoir librement dans le sens de la longueur de la fusée sans entraîner la voiture et donne par ce fait un peu moins de tirage que l'essieu patent. Les systèmes d'application du caoutchouc autour des roues et entre le moyeu et la boîte, déjà décrits, et l'interposition du caoutchouc entre le ressort et l'essieu, dont il sera question plus loin, produisent plus facilement ce dernier résultat.

Enrayage des essieux. — Quand l'essieu patent est mal soigné, la boîte chauffe, grippe, s'enraye sur la fusée et la voiture se trouve momentanément hors de service.

Les principales causes d'enrayage sont les suivantes :

1° Le manque d'huile dans les réservoirs ou sa mauvaise qualité;

2° L'huile des réservoirs ne circule pas sur la fusée. (La boîte de sûreté, que je vais décrire, évite cette cause d'enrayage et atténue les autres) ;

3° La boîte ne tourne pas librement sur la fusée, parce que la fusée ou la boîte se sont faussées ou ont reçu un choc pendant le montage de la voiture;

4° L'essieu est trop serré sur la longueur et chauffe; l'huile est chassée par la chaleur, et la boîte tourne à sec. Il résulte de ce frottement à sec que la boîte grippe; elle se lime et laisse détacher des *grains*, suivant l'expression employée; mais dire que l'enrayage se produit parce que la fonte laisse détacher des grains, c'est prendre le résultat pour la cause;

5° Le frottement ne se fait pas sur toute l'étendue du dessous de la fusée, comme je l'ai déjà indiqué en parlant des roues ;

6° Dans le transport des voitures par chemin de fer, les vibrations chassent l'huile et matent les fusées dans les boîtes : aussitôt que la voiture commence à rouler, les boîtes peuvent s'enrayer; on évite ce grave inconvénient en graissant les essieux avec un mélange d'huile et de suif, en serrant fortement les écrous, de façon à ce qu'on soit obligé de visiter les roues à l'arrivée, de les nettoyer, et de les graisser de nouveau à l'huile avant de faire rouler. On peut aussi éviter cette cause d'enrayage en mettant un excès d'huile dans les boîtes et les chapeaux; il faut alors, de même, nettoyer les roues en arrivant.

En suspendant les voitures sur leurs essieux et en laissant les roues folles, le transport sur chemin de fer n'aurait plus ces graves inconvénients, qu'il dépend des Compagnies de faire cesser.

La *boîte de sûreté*, (fig. 14), que j'avais exposée, diminue les causes d'enrayage en faisant circuler l'huile par son poids d'une manière continue et régulière pendant le mouvement de la roue, et par le moyen même de ce mouvement, dans deux portions d'hélice de sens contraire qui viennent se raccorder par leurs extrémités pour former une courbe continue. Le dessin ci-après représente la moitié de la boîte; l'autre moitié a une rainure disposée symétrique-

ment. Quand les roues tournent, l'extrémité de la rainure puise à chaque tour un peu d'huile dans le réservoir; le point le plus bas de la rainure changeant à chaque instant, l'huile qui y est engagée a, par son poids, toujours tendance à descendre pour se remettre en équilibre, elle circule donc constamment. Suivant la vitesse de rotation de la roue, l'huile amenée entre les surfaces frottantes fait à chaque tour un mouvement plus ou moins grand et graisse une nouvelle portion de la fusée qui ne peut ainsi jamais manquer d'huile, tant qu'il y en a dans les réservoirs.

Le graissage régulier et abondant produit par la rainure se trouve dans les conditions voulues pour abaisser le coefficient de frottement à son minimum.



Fig. 14. — Boîte de sûreté.

Quelques exposants avaient remplacé les bagues en bronze par des bagues en fer; les boîtes étant généralement en fonte, cet emploi a pour résultat l'usure de la boîte, il vaut donc mieux employer la bague en bronze qui s'use plus, mais n'abîme pas la boîte et se remplace bien plus facilement.

La Compagnie des Omnibus emploie, depuis longtemps, des boîtes en bronze. L'omnibus à 40 places, qu'elle avait exposé, était ainsi monté. Avec ces boîtes on évite l'enrayage d'une manière certaine; si un essieu chauffe, la boîte peut s'user rapidement, mais le service n'est pas interrompu.

J'avais exposé des essieux montés avec des boîtes en fer cémenté et d'autres avec des boîtes en acier fondu et trempé, qui sont d'un excellent usage.

Les Américains et les Anglais emploient pour leurs petits essieux beaucoup de boîtes en fer cémenté, qui sont excellentes, mais d'un prix un peu élevé pour nos essieux, qui, destinés à des voitures plus lourdes, sontd 'un plus fort diamètre.

Ressorts.

Leur utilité. — La résistance que le cheval doit vaincre pour traîner une voiture est d'autant plus faible que la suspension est meilleure.

Le ressort amortit les chocs provenant des inégalités des routes, ménage la voiture, la rend moins fatigante pour le voyageur et facilite le roulement en diminuant le tirage. Les efforts sans cesse variables que le cheval doit exercer sur une voiture non suspendue sont remplacés, pour une voiture suspendue par des efforts moindres et plus réguliers.

Les ressorts ne doivent être ni trop raides ni trop flexibles, pour amortir les chocs sans donner des oscillations désagréables.

D'après le général Morin, sur des routes inégales, la résistance croît moins vite avec la vitesse pour les voitures suspendues que pour celles non suspendues : il faut donc une suspension d'autant plus parfaite que les voitures sont destinées à marcher plus vite.

Les ressorts doivent donc s'appliquer à toutes les voitures, non-seulement aux voitures de luxe auxquelles ils donnent la douceur indispensable, mais aussi aux voitures de transport, pour ménager les chevaux ou leur permettre de traîner sans plus de fatigue un poids plus considérable.

Leurs formes. — Les ressorts sont composés de feuilles d'acier, ajustées l'une sur l'autre, de longueurs décroissantes formant l'étagement et d'épaisseurs variables. Ces feuilles amincies dans les bouts, qui ont des formes diverses, sont maintenues par des étoquiaux et réunies par un boulon ou rivet et par un collier pour les ressorts en C. Les étoquiaux empêchent le glissement latéral des feuilles; on peut les employer de différentes manières. Les étoquiaux couverts

sont les plus employés dans les voitures de luxe. Les étoquiaux découverts dans la feuille sont quelquefois employés pour les ressorts d'essieux. Les étoquiaux découverts dans le bout des feuilles sont employés pour les ressorts à rouleaux pour voitures de transport Les étoquiaux à recouvrement s'emploient sur la deuxième feuille. Le recouvrement cache la fente : ils sont peu usités.

Quelques voitures du Canada avaient des ressorts formés d'une seule feuille épaisse au milieu et étirée aux extrémités.

Les ressorts doivent être aussi écartés l'un de l'autre que possible pour donner de la stabilité et une meilleure suspension.

Les principaux genres de ressorts sont les suivants :

1° Les ressorts droits, à rouleaux, à cuillers, etc. ;

2° Les ressorts pincettes et demi-pincettes ;

3° Les ressorts en C et à jambe de force, employés pour les montages à huit ressorts et les ressorts en C formant ressorts d'essieu ;

4° Les ressorts à double élasticité, horizontale et verticale, réalisant seuls ou avec la bobine élastique la triple suspension.

Les *ressorts droits* sont terminés le plus souvent par des rouleaux, dans lesquels passent les boulons qui les fixent aux supports. La fig. 15 représente un ressort ayant un rouleau dans le cintre et l'autre hors du cintre. Quelquefois le rouleau est remplacé par des glissoires, parties plates qui portent sur les supports. Dans certains montages, on termine les ressorts par des parties demi-cylindriques auxquelles on donne le nom de cuiller et qui reçoivent un anneau en fer, garni de cuir ou de caoutchouc, qui les relie, au moyen d'une menotte, à deux autres ressorts placés en travers. Ce *montage en châssis* laisse aux ressorts la liberté nécessaire pour l'allongement sous la charge.

Fig. 21. Ressort en C.

Fig. 15. — Ressort droit.

Ressorts pincettes et demi pincettes. — Les ressorts pincettes sont formés de deux ressorts droits dont les convexités sont tournées l'une vers l'autre.

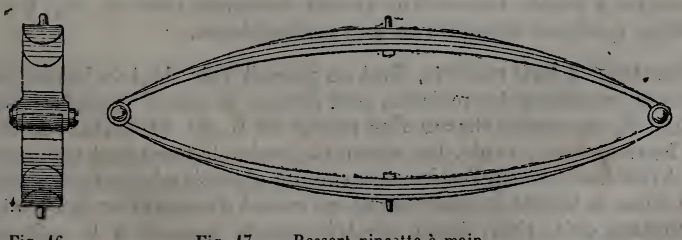


Fig. 16. Fig. 17. — Ressort-pincette à main.

Le ressort du dessous est terminé par deux rouleaux qui sont ajustés dans les deux mains qui terminent le ressort du dessus. Ces mains sont de formes diverses ; les fig. 16 et 17 représentent le ressort pincette à mains ; deux boulons réunissent les ressorts et forment une charnière à chaque extrémité. La

flexibilité d'un ressort-pincette est double de celle d'un ressort droit de mêmes dimensions.

On a remarqué que le ressort inférieur, qui reçoit sans intermédiaire tous les chocs des pavés, s'aplatissait plus que le ressort à mains. Pour rendre les deux ressorts libres de s'allonger, on met quelquefois une jumelle ou un mouvement à l'une des deux extrémités. Les voitures de M. Jeantaud étaient montées avec un mouvement en bronze, qui évite le bruit de grincement des boulons. Anciennement, on terminait l'un des côtés du ressort-pincette par une crosse et une jumelle ; il y avait à l'Exposition des ressorts de ce genre montés à l'arrière-train d'une voiture belge. M. Holmes avait à son coupé des ressorts-pincettes à crosse articulée pour laisser les ressorts libres.

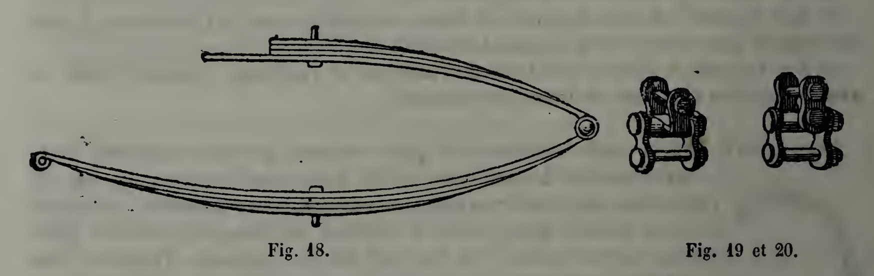


Fig. 18. Fig. 19 et 20.

Les ressorts demi-pincettes (fig. 18) se font dans les mêmes conditions ; le ressort du dessus est coupé, un peu après son milieu, pour être fixé par des boulons aux moutonnets de la voiture ; on relie les extrémités libres des deux ressorts inférieurs, ou ressorts d'essieu, par un ressort de travers et deux menottes à simple ou à double brisure, représentées ci-contre fig. 19 et 20 ; quelquefois, mais rarement, on les fixe directement à la voiture. Le demi-ressort, au lieu d'être droit comme le représente la fig. 17 est souvent à crosse et donne alors plus de douceur.

Ressorts en C et montages à huit ressorts. — Les ressorts pincettes sont quelquefois remplacés par des ressorts en C, fig. 21, p. 601 faisant ressort d'essieu, et fixés sur les patins. L'extrémité supérieure est reliée aux deux moutonnets, formés de lames de ressorts, par une jumelle spéciale ou soupente, ou par un cuir ; quelquefois les moutonnets en fer sont reliés ensemble et supportent un ressort de travers qui reçoit les extrémités supérieures des deux ressorts en C par l'intermédiaire de menottes à double brisure. L'extrémité inférieure de ces ressorts est fixée directement à la voiture par deux boulons, ou est reliée par des menottes à simple brisure à un ressort de travers (voir fig. 56). Il y avait à l'Exposition quelques exemples de tous ces montages.

Les *montages à huit ressorts*, dont on pouvait voir de très-beaux modèles, exposés par les principales maisons, sont formés de quatre ressorts à jambe de force, fig. 22, surmontés chacun d'un ressort en C, fig. 23, portant un cric pour tendre les soupentes en cuir. Les ressorts à jambe de force sont composés d'un ressort à rouleaux fixé sur l'essieu et surmonté d'une jambe de force en fer; une jumelle laisse la liberté du mouvement au ressort d'essieu (Voir fig. 60 et 62).

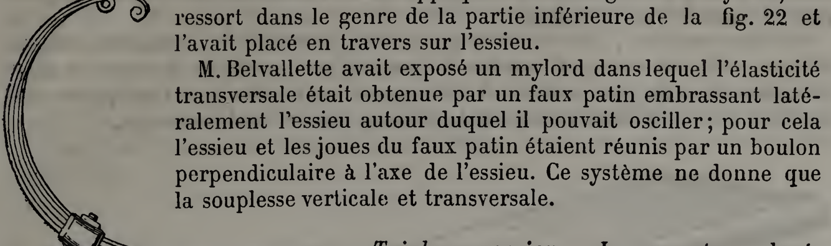
Ce montage coûte cher, donne une très-grande douceur à la voiture, mais aussi un balancement tel, que certaines personnes lui reprochent de produire l'effet du mal de mer.

Ressorts à élasticité horizontale (fig. 24).—Ces ressorts ont pour but de donner de la souplesse, non-seulement dans le sens vertical, comme tous les ressorts

précédents, mais aussi dans le sens horizontal, et de réaliser la suspension dans tous les sens ou triple suspension. Ces ressorts, que j'avais exposés, sont à double crosse, ou à simple crosse et à jumelle, ou à crosse articulée, etc.

M. Desouches avait appliqué au montage d'un mylord, un ressort dans le genre de la partie inférieure de la fig. 22 et l'avait placé en travers sur l'essieu.

M. Belvallette avait exposé un mylord dans lequel l'élasticité transversale était obtenue par un faux patin embrassant latéralement l'essieu autour duquel il pouvait osciller; pour cela l'essieu et les joues du faux patin étaient réunis par un boulon perpendiculaire à l'axe de l'essieu. Ce système ne donne que la souplesse verticale et transversale.



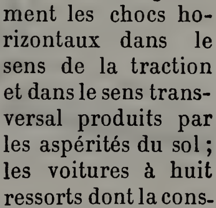


Fig. 22 et 23.

Triple suspension. — Les ressorts employés actuellement dans les voitures dites suspendues ne produisent d'effet que dans le sens vertical et ces voitures ressentent intégralement les chocs horizontaux dans le sens de la traction et dans le sens transversal produits par les aspérités du sol; les voitures à huit ressorts dont la construction est très-coûteuse évitent cet inconvénient. La triple suspension ou suspension complète des voitures a pour but d'amortir les chocs en donnant à la voiture des *mouvements élastiques dans tous les sens.* Ces mouvements sont obtenus par l'interposition de pièces en caoutchouc d'une qualité spéciale; ces

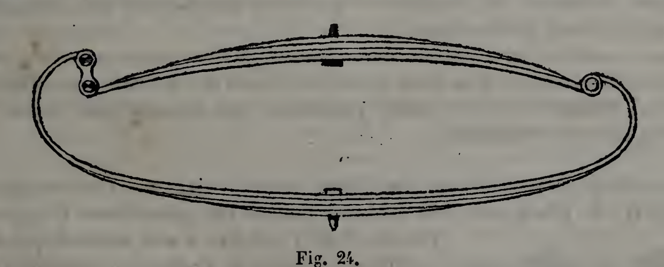


Fig. 24.

pièces supportent le poids de la voiture, augmentent la douceur de la suspension, diminuent le tirage et le bruit des caisses et lui donnent une grande durée en amortissant tous les chocs. J'avais exposé pour arriver à ce résultat :

1° Les bagues coniques placées entre la boîte et le moyeu, fig. 81;
2° L'essieu à battement élastique, fig. 81;
3° Les ressorts à double crosse ou à élasticité horizontale;
4° La bobine en caoutchouc appliquée dans les rouleaux des ressorts;
5° La bobine carrée, en caoutchouc, appliquée entre le ressort et l'essieu;
6° Le double tasseau en caoutchouc, fig. 81.

Tous ces systèmes sont brevetés, s. g. d. g.; j'ai déjà décrit les trois premiers

La *bobine élastique* (fig. 25 et 26) isole complétement l'une de l'autre les deux moitiés du ressort, étant interposée entre les deux oreilles de la main, le

ressort et le boulon; il résulte de cet isolement que les chocs produits par les inégalités du sol et qui se transmettent intégralement au ressort d'essieu ne peuvent se répercuter dans le ressort à mains que par l'intermédiaire de la bobine élastique et sont ainsi considérablement amortis, soit par le tube, soit par les rondelles de la bobine.

Les deux moitiés T de la bobine sont introduites dans le rouleau B, de façon que les oreilles R viennent toucher le rouleau sur les côtés; le tout est alors introduit entre les deux oreilles O de la main; un boulon, que l'on passe dans les deux oreilles et dans le trou de la bobine, relie le tout ensemble.

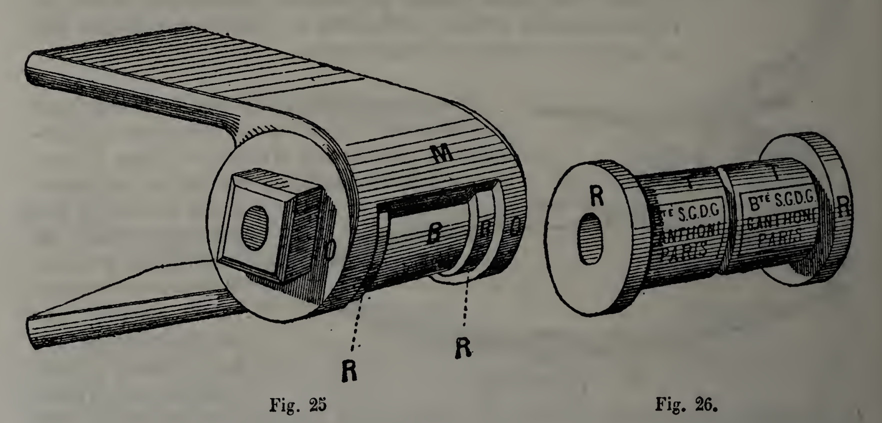


Fig. 25 Fig. 26.

La bobine rend les ressorts beaucoup plus doux; elle peut s'appliquer à tous les boulons et à toutes les articulations des voitures; pour diminuer l'usure, le caoutchouc est garni de cuivre à l'intérieur et à l'extérieur.

La *bobine en bronze* est employée quand on ne cherche qu'à supprimer le bruit de grincement des boulons.

Quelques constructeurs anglais avaient employé des ressorts avec des rouleaux garnis de caoutchouc et d'un tube en cuivre; mais il n'y avait pas d'isolement sur les côtés comme avec le système précédent qui est appliqué à un certain nombre de voitures françaises.

Bobine carrée en caoutchouc appliquée entre le ressort et l'essieu (fig. 27). — Le ressort R est placé sur une bobine carrée en caoutchouc C qui entoure l'essieu E et il est fixé à une bride B qui entoure la bobine; le patin de l'essieu est supprimé et remplacé par des rebords qui maintiennent la bobine et empêchent tout déplacement. M. Jeantaud avait appliqué à toutes ses voitures ce montage qui donne une très-grande douceur.

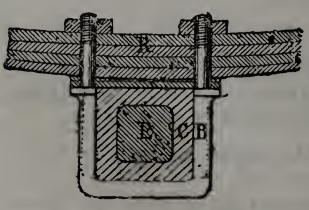


Fig. 27. — Bobine carrée.

Le *double tasseau en caoutchouc*, fig. 81, présente les mêmes avantages que le précédent et peut s'appliquer aux essieux à patins sans exiger une forme spéciale; le caoutchouc est recouvert par une plaque à rebord, il entoure les tiges des brides dans leur passage à travers les trous des patins et s'interpose encore entre les écrous de ces brides et le dessous du patin, de façon à les isoler complétement. Les dimensions ordinaires des patins réduisent la pression par centimètre carré à la limite convenable pour éviter l'usure du caoutchouc.

Les courbes du séismographe, représentées fig. 39 à 42, ont été obtenues dans un mylord monté avec ces deux derniers systèmes.

Ce même principe d'*isolement complet* s'applique à toutes les machines ou véhicules dans lesquels on veut amortir les chocs, les vibrations et le bruit, aussi bien aux outils à chocs, qu'aux machines-outils, transmissions, voitures, wagons de chemins de fer, etc.

En employant une bonne qualité de caoutchouc et en réduisant la pression par centimètre carré, on peut dire que sa *durée* est indéfinie : je me sers depuis plus de six ans du même caoutchouc pour amortir les chocs et vibrations d'un marteau-pilon, et les rondelles interposées sont dans un parfait état de conservation.

Suspension des voitures.

Une voiture est d'autant mieux suspendue et d'autant plus stable que les ressorts sont plus écartés; avec un train court, la suspension est moins bonne, les mouvements transversaux et longitudinaux se faisant sentir davantage.

Les voitures à deux roues, les dog-cart et les charrettes anglaises, étaient montées, les uns avec deux ressorts ayant une jumelle derrière, fig. 45, et quelquefois aussi une jumelle devant; d'autres avec ces deux ressorts reliés à l'arrière par un ressort de travers; ces deux ressorts étaient quelquefois reliés à l'avant et à l'arrière par deux ressorts de travers et formaient le montage en châssis.

Il résulte du savant mémoire présenté à la Société par M. Desmousseaux de Givré sur les mouvements oscillatoire d'une voiture que : « Le roulis se trouve « singulièrement adouci par l'emploi des ressorts transversaux, tandis qu'il « occasionne une trépidation sèche et fatigante dans les véhicules uniquement « garnis avec des ressorts latéraux.

« On doit placer les voyageurs près du centre d'oscillation et non sur les « côtés. »

Les voitures montées en châssis seraient donc dans de bonnes conditions. Pour les charrettes anglaises on employait ce genre de suspension ; il y avait aussi le montage à deux pincettes de M. King et le montage à deux ressorts en C, terminés par une soupente en fer formant jumelle, de M. H. Mulliner.

M. Kolber, de Buda-Pesth, avait exposé une charrette anglaise dans laquelle le ressort était fixé sous l'essieu par deux jumelles; ce ressort formé de quatre lames séparées par des tasseaux et reliés en leur milieu, venait se fixer à la caisse par deux ferrures verticales partant des extrémités de la dernière feuille. (Voir fig. 46 et 47.)

Dans toutes ces voitures, les constructeurs cherchent à éviter le mouvement de vannage provenant du trot du cheval. Je reviendrai sur cette question.

Les voitures à quatre roues sont montées d'une infinité de manières. Les camions, les omnibus et les voitures de commerce sont montés en général avec six ressorts droits, dont quatre ressorts d'essieux, et deux transversaux: ces derniers sont fixés, l'un sous la caisse, l'autre sous l'avant-train ; les ressorts d'essieux sont fixés à l'avant, à la caisse et à l'avant-train et sont réunis à l'arrière par des menottes, aux ressorts de travers, fig. 68.

Pour des omnibus plus légers, on remplace le montage à trois ressorts de l'avant-train par deux pincettes ; le montage de l'arrière-train se fait quelquefois à deux ressorts : l'omnibus exposé par M. Jeantaud, fig. 67, avec marche-pied tournant, était ainsi monté sur des bobines carrées en caoutchouc, avec

un essieu à double coude de façon à baisser le centre de gravité et à le rapprocher du centre d'oscillation.

Pour les voitures à 4 roues, le montage le plus simple consiste dans l'emploi de deux ressorts-pincettes placés dans le sens de l'axe et au milieu de l'essieu, dont il faut alors faire le corps plus fort; M. Brewster, de New-York, avait exposé une voiture ayant ce montage, fig 52 *bis*.

Pour les voitures de luxe, les montages les plus employés sont ceux à quatre ressorts-pincettes, fig. 50, ou ceux à deux ressorts-pincettes devant et à cinq ressorts derrière, fig. 63 et 65.

Il y a plusieurs variétés de ce montage à cinq ressorts pour l'arrière-train; le ressort de travers peut être relié aux deux ressorts d'essieu par des menottes à simple ou à double brisure; dans ce dernier cas il y a des trépidations. Le demi-ressort peut être droit; il forme alors le ressort demi-pincette et est relié au ressort d'essieu par un boulon; mais l'allongement inégal des deux ressorts fait buter le ressort d'essieu contre la menotte, ce qui le rend dur et peut fausser le ressort de travers et quelquefois le moutonnet; l'emploi de la menotte à double brisure protège bien le ressort de travers, mais l'attelage de l'essieu ne se fait plus alors que par l'intermédiaire du moutonnet et du demi-ressort dont le boulon vient pousser en avant le ressort d'essieu. Toutes les trépidations sont alors transmises directement du moutonnet à la caisse et se font sentir d'une manière très-désagréable. Le sens de l'allongement du ressort d'essieu est opposé à celui suivant lequel les chocs sont reçus par la roue de façon que le ressort ne peut jouer librement sous la charge.

Si l'on remplace dans le montage à cinq ressorts le demi-ressort droit par un demi-ressort à crosse relié au ressort d'essieu par une jumelle, fig. 65, tous ces inconvénients disparaissent. Le ressort peut jouer librement et la voiture devient plus douce.

Dans quelques voitures on avait, avec ce montage, supprimé le ressort de travers; dans une autre le ressort d'essieu était relié au ressort de travers par une menotte à double brisure et à la crosse par une jumelle; une autre voiture avait un ressort à crosse sans jumelle relié au ressort de travers par une menotte à double brisure.

Pour élever le centre d'oscillation et le rapprocher du centre de gravité, on peut terminer le ressort d'essieu par une crosse renversée, se reliant par une jumelle au demi-ressort droit, fixé au moutonnet. On élève encore plus le centre d'oscillation en employant dans le même but des ressorts en C faisant ressorts d'essieu, reliés par des menottes à un ressort de travers et par deux longues jumelles ou par des cuirs à deux ressorts remplaçant les moutonnets, fig. 56. Dans une voiture belge, les deux moutonnets en fer étaient reliés ensemble et venaient supporter dans leur milieu un second ressort de travers, relié aux extrémités supérieures des deux ressorts en C par des menottes à double brisure, laissant toute liberté à l'allongement des ressorts.

Dans une voiture russe et dans la voiture de M. Ambruster de Vienne, la suspension était faite sur quatre ressorts en C fixés à la caisse et munis de soupentes en cuir; l'essieu était percé pour recevoir la cheville ouvrière; les deux trains étaient réunis par une flèche dans la voiture russe et par deux flèches parallèles dans la voiture autrichienne.

Un phaéton de dame était monté devant avec deux ressorts-pincettes et derrière avec quatre ressorts droits disposés en châssis.

Le mylord de M. Charcot avait un montage nouveau : le ressort à crosse ne se terminait pas au moutonnet auquel il était relié par une jumelle; il allait se fixer à la caisse et pouvait ainsi jouer dans toute sa longueur comme le ressort d'essieu auquel il était de même relié par une jumelle. Le ressort de

travers était relié aux ressorts d'essieu par une menotte à simple brisure. (Voir fig. 57.)

Je citerai encore quelques montages spéciaux :

Le mylord de M. Desouches, avait devant un ressort-pincette placé dans le sens de l'essieu, et derrière un ressort à double crosse placé de même et donnant la suspension transversale; son spider était monté devant sur quatre ressorts en châssis et derrière sur un ressort de travers, supporté par l'essieu et sur deux ressorts longitudinaux.

Le landau de M. Faurax, fig. 61, avait derrière deux ressorts transversaux; l'un sous la caisse, était relié par des menottes aux deux ressorts d'essieu, dont les extrémités supportaient, par une ferrure dite à télégraphe, le milieu du second ressort de travers, relié lui-même par deux menottes à double brisure, aux deux ressorts-moutonnets.

Le cab à quatre roues de M. Kellner, fig. 58, était monté derrière sur deux ressorts d'essieux, fixés en avant à la caisse et reliés en arrière par un montage à télégraphe à un ressort de travers.

Le phaéton de M. Binder était monté sur quatre ressorts à jambe de force reliés par une flèche; ces ressorts étaient surmontés de deux châssis, formés chacun de quatre ressorts droits.

M. Locati avait exposé un landau monté sur quatre ressorts à jambe de force, reliés par une flèche; au lieu d'employer quatre ressorts en C, avec des soupentes en cuir tendues par des crics, montage ordinaire des voitures à huit ressorts, il avait mis devant quatre ressorts droits, comme dans le montage de M. Binder, et derrière un ressort de travers, monté à télégraphe et se reliant à deux ressorts moutonnets. MM. Million et Guiet, avaient déjà exposé un système analogue il y a quelques années.

M. Van Aken avait exposé un landau, monté avec quatre ressorts à jambe de force, reliés par une flèche et surmontés devant et derrière de quatre ressorts en châssis, comme dans les systèmes précédents. Tous les ressorts étaient munis de bobines en caoutchouc, et des tampons ovoïdes, aussi en caoutchouc, étaient interposés entre les deux systèmes de ressorts pour amortir les vibrations.

M. Letalle avait exposé un dessin d'un système de suspension de la charge au-dessous du centre des roues, laissant la liberté d'oscillation sous l'effort de traction.

Je décrirai plus loin le séismographe dont j'indique l'emploi comme seul moyen pratique de comparer tous les systèmes de suspension, et de garder une trace indiscutable des résultats obtenus.

Avant-trains.

Il y a peu de modifications à signaler dans les avant-trains exposés; ceux des voitures de luxe sont en général composés d'une traverse en bois ferré, ou sellette, reposant sur les ressorts; des embrassures, fixées aux ressorts par des brides ou des boulons, maintiennent la sellette; les embrassures se terminent à l'arrière par des queues de tirant, venant se relier ensemble comme dans la fig. 28, ou aux fourchettes traversant la sellette comme dans la fig. 29; ou aux armons comme dans la fig. 30, ou sous le rond comme dans la fig. 31; ou sous le bout des têtars comme dans la fig. 32 représentant l'avant-train à têtar employés pécialement pour l'attelage à deux chevaux. A l'avant, les embrassures se continuent de même et forment les tirants; la gueule de loup, qui maintient le brancard, est formée du côté extérieur, par ce tirant, et du côté intérieur.

soit par les bouts des armons fig. 30; soit par les extrémités de la ceinture comme dans les fig. 28, 29 et 31. Cette ceinture vient se fixer, soit au bout de fourchettes droites comme dans la fig. 28; soit au bout de fourchettes en fer à cheval qui se cachent sous le rond comme dans la fig. 29, et rendent le nettoyage plus facile; soit enfin au milieu de la sellette comme dans l'avant-train fig. 31 qui est à demi-rond.

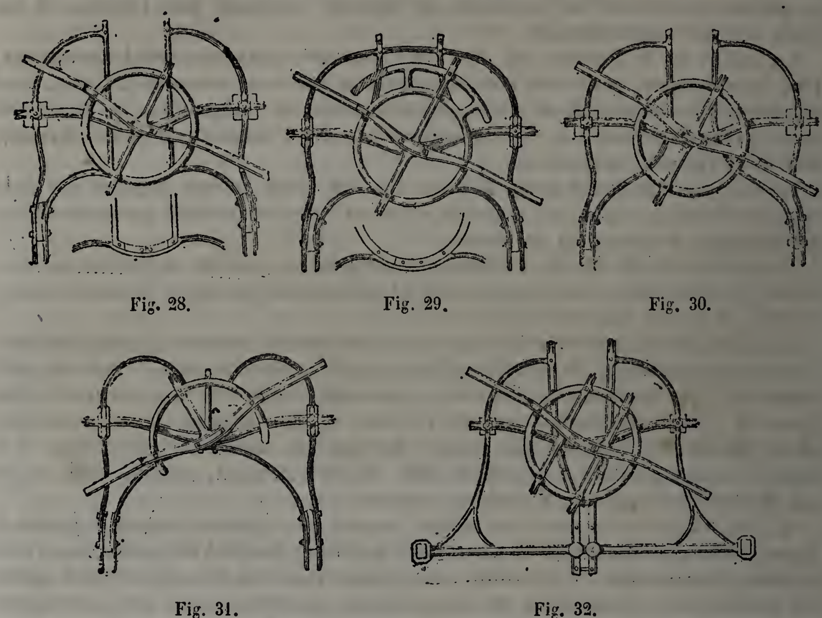


Fig. 28. Fig. 29. Fig. 30.

Fig. 31. Fig. 32.

Fig. 28, 29, 30, 31 et 32. — Avant-trains.

Sur les fourchettes et la ceinture, sur les armons, ou sur les tétars se placent deux jantes de rond, qui complètent le dessous de l'avant-train. Les jantes sont destinées à recevoir et à laisser tourner librement le rond d'avant-train fixé à la voiture, soit directement, soit le plus souvent par l'intermédiaire de deux supports et d'un lisoir, en bois ferré, à bouts sculptés, ayant ordinairement le même cintre que la sellette; le dessus d'avant-train ainsi formé est relié au-dessous par une cheville ouvrière.

Le rond à double portée, de l'avant-train fig. 29, est le plus employé pour les voitures de luxe, lorsque les bois sont cintrés.

Le demi-rond de l'avant-train fig. 31, s'emploie quelquefois pour atteler un peu plus court; ce rond est maintenu, sur un contre-rond, par un crochet fixé à l'intérieur et qui est indispensable pour maintenir le contact.

Quand l'avant-train tourne à angle droit, les sellettes cintrées, portent les points d'appui des deux roues d'avant en dehors de l'axe longitudinal et cet effet se produit d'autant plus que les bois sont plus cintrés; la voiture penche alors du côté de cet axe, et il faut une grande solidité dans toutes les parties de l'avant-train pour maintenir l'équilibre dans cette position. Cette forme cintrée des bois, qui nécessite un excès de résistance de l'avant-train, est employée pour rapprocher les roues d'avant de celles d'arrière, c'est-à-dire pour raccourcir le train, ce qui, au point de vue du tirage, est loin d'être avantageux comme je l'ai déjà indiqué en traitant de la position des roues.

M. Binder aîné avait exposé un coupé avec un avant-train à lisoir droit et à rond ordinaire. Ce montage, en éloignant les petites roues du centre de gravité, reporte une partie de la charge sur les grandes roues de l'arrière-train; l'équilibre est bien maintenu : en effet, quand la voiture tourne, le milieu des deux points d'appui des roues de devant reste toujours dans l'axe ; l'avant-train n'a plus besoin d'un excès de résistance, et la simplicité de sa forme permet un nettoyage facile.

Dans la plupart des voitures anglaises, et dans quelques voitures françaises, on a employé des avant-trains très-légers dans lesquels l'acier remplace le fer.

Dans la cheville ouvrière, il y a en général, peu de surfaces en contact et le graissage s'y fait difficilement; quelques constructeurs emploient une cheville ressemblant à la fusée de l'essieu patent, présentant une grande surface de contact et se graissant à l'huile. Avec des bois cintrés, le coincement, que j'ai déjà indiqué pour les fusées d'essieu, se produit pour les chevilles patentes et cause quelquefois l'enrayage; avec des bois droits, on évite cet inconvénient.

M. Belvallette emploie à ses voitures des avant-trains avec cheville patente; la sellette et le lisoir sont en fer. M. J. Urfer avait exposé un avant-train; avec cheville patent, entièrement en fer, très-léger, et construit de manière à pouvoir se démonter facilement.

Quelques fabricants avaient exposé des avant-trains avec un double rond en fer, coulissant dans des rainures et remplaçant la cheville ouvrière; en construisant ce système, on a surtout pour but d'éviter les accidents provenant de la rupture de la cheville; mais le frottement est un peu plus considérable qu'avec la cheville ouvrière, à laquelle on peut toujours donner assez de force pour éviter tout accident.

Dans la section russe, les avant-trains des voitures dans lesquelles l'attelage se fait à l'essieu n'avaient pas de gueules de loup, et l'avant était formé de queues de tirant comme ceux de l'arrière de l'avant-train fig. 1.

Dans une voiture russe, dans une voiture autrichienne et dans les voitures genre américain fig. 52, 52 *bis* et 53, le rond d'avant-train est sur l'essieu qui est traversé par la cheville ouvrière; les ressorts sont fixés à la caisse et ne suivent pas le mouvement des roues.

Les avant-trains de camions étaient disposés pour un montage à trois ressorts et avaient en général des palonniers pour faciliter les mouvements d'épaule des chevaux.

Tous les avant-trains exposés, sans exception, font reposer la voiture sur quatre points, formant un rectangle quand la voiture roule en ligne droite, et se réduisant à un triangle quand la voiture tourne; dans ce cas l'équilibre laisse à désirer, surtout avec les bois cintrés et il est toujours prudent de ralentir la marche en tournant court.

Je ne puis que signaler ici une disposition très-ingénieuse, due à M. Dathis qui n'avait pas exposé: la voiture en tournant court, conserve quatre points d'appui disposés en trapèze isocèle, la stabilité est ainsi excellente dans tous les cas, et la voiture ne peut verser; les roues d'arrière ne peuvent guère accrocher, parce qu'elles sont obligées de suivre exactement le chemin que prennent les chevaux, dont les efforts sont de plus, bien mieux utilisés; la voiture ne peut pas fringaler, l'arrière-train tournant en sens inverse de l'avant-train et ces deux rotations étant commandées par le timon ou les brancards.

Presque tous les *brancards* étaient en bois cintré et ferré. Je dois signaler les brancards en fer creux de M. Urfer; ces brancards peuvent se fausser, mais sans blesser le cheval, comme le font quelquefois les éclats des brancards en bois.

M. Clouet avait exposé un brancard inversable; quand le brancard est relevé autour du boulon qui le réunit à la gueule de loup, il descend un peu, grâce à

une coulisse qui remplace le trou; pour le rabattre, il faut d'abord le soulever pour remettre le boulon au bas de la coulisse ; ce brancard ne peut donc tomber accidentellement.

Dans le montage à trois ressorts, employé pour les omnibus de la Compagnie fig. 68 et pour les camions, l'*attelage* est rigide et se fait directement à l'essieu par l'intermédiaire des deux ressorts latéraux ; il en est de même avec l'attelage à l'essieu des voitures russes et de la voiture de chasse de M. Kolber.

Dans les voitures de luxe, l'attelage se transmet de l'avant-train à l'essieu, par l'intermédiaire des deux ressorts-pincettes, qui fixés seulement en leurs milieux aux embrassures des avant-trains et aux patins des essieux oscillent d'avant en arrière à chaque choc produit par les aspérités du sol et donnent ainsi une certaine élasticité dans le sens de la traction.

Dans les voitures à deux roues, il y avait quelques palonniers à ressorts donnant la même élasticité.

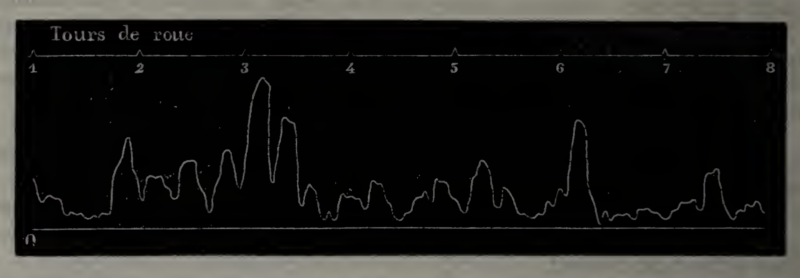


Fig. 33. — Courbe du travail dépensé par la traction d'une voiture *sans* intermédiaire élastique.

M. Desarran d'Allard avait exposé un petit modèle d'omnibus avec un attelage élastique et un frein qui se serrait de lui-même dans le mouvement de recul.

M. Felber avait à son coupé une volée à palonniers mobiles pour faciliter les mouvements d'épaule des chevaux.

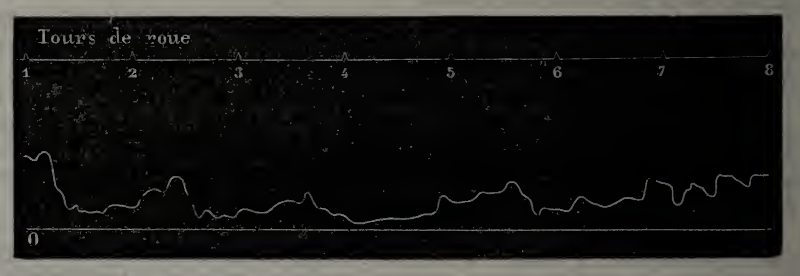


Fig. 34. — Courbe du travail dépensé par la traction d'une voiture *avec* intermédiaire élastique.

M. E. J. Marey, professeur au collège de France, a étudié l'influence de l'élasticité dans la traction exercée sur des voitures, et il a constaté, dans les cas les plus favorables, une économie de travail de 26 $_0/^0$ en faveur de la traction élastique. Ces expériences, dont les fig. 33 et 34 montrent les résultats, ont été faites au moyen du dynamographe ; cet appareil (décrit plus loin), ne subit sous les plus fortes tractions qu'un allongement insignifiant, mais qui, amplifié par un tambour à levier (décrit plus loin), suffit pour tracer la courbe. L'élasticité des dynamomètres à lames aurait faussé les résultats de cette expérience.

M. Marey fait remarquer que : « Dans l'emploi des moteurs animés pour la

traction des fardeaux, il faut poursuivre partout où ils se produisent les chocs et les vibrations de façon à les absorder dans des ressorts élastiques, qui rendent au travail utile une force qui ne servait qu'à détruire les voitures, à défoncer les chemins, à faire souffrir les animaux, » et, aussi à cahoter les voyageurs.

Les systèmes de triple suspension que j'ai indiqués, sont préférables aux intermédiaires élastiques, en ce sens que tout en diminuant le tirage et en ménageant les chevaux, ils rendent en même temps la voiture bien plus confortable. En donnant aux traits d'une voiture de l'élasticité par des ressorts à boudins ou tracteurs, on n'obtient que des deux premiers résultats, sans augmenter en rien la douceur de suspension.

Il n'y avait pas, à l'Exposition, de systèmes de *dételage*, le jury d'admission les ayant écartés; en dételant les chevaux emportés, ils peuvent causer des accidents nombreux et la voiture abandonnée à elle-même, lancée à grande vitesse et sans direction sûre, peut, en tournant, venir se briser contre un obstacle. On a bien cherché à enrayer les roues et à empêcher l'avant-train de tourner, mais on arrive alors à des complications qui alourdissent la voiture et en augmentent beaucoup le prix.

On peut prévenir plus simplement les accidents causés par les chevaux emportés, en agissant directement sur eux par des mors de brides convenablement disposés; M. Babonneau en avait exposé un dans ces conditions. M. Glatard avait aussi exposé un système très-commode pour dételer très-rapidement, un cheval abattu, sans aucun danger et sans couper les harnais.

Caisses.

Je ne décrirai que les ferrures et accessoires de caisses présentant des améliorations, laissant de côté les formes qui varient suivant la demande du client, dépendent du goût de chaque carrossier qui leur imprime un cachet particulier et changent suivant la mode; je dois, pour cette question de formes de caisses, renvoyer aux publications spéciales; une partie des dessins de voitures qui sont reproduits, planche I et II, sont des réductions de ceux de M. Brice Thomas, qui avait exposé le Guide du carrossier, dont il est l'éditeur; il a contribué par cette publication, existant depuis vingt et un ans, aux progrès qui ont mis la carrosserie française ou premier rang.

M. Dupont avait exposé des plans de voiture, grandeur d'exécution; il en expédie dans tous les pays et les carrossiers étrangers sont ainsi mis à même de suivre pas à pas tous nos progrès et toutes nos modes.

J'ajouterai qu'une Société d'instruction professionnelle et artistique de carrosserie, s'est formée sous le patronage de la Chambre syndicale, présidée par M. Ehrler; cette Société a organisé des cours qui ont été très-suivis; elle est dirigée par un bureau composé de MM. Binder, Geibel, Jeantaud, Muhlbacher, Charcot, Clairet, Guiet, Poitrasson et Rebut.

Les voitures françaises étaient parfaitement construites, et la division du travail a permis à certains spécialistes de mettre à la portée des constructeurs des produits ne laissant absolument rien à désirer.

Les caisses se font en général avec un passage de roue, qui est très-utile au point de vue du tirage, parce qu'il permet de donner plus de hauteur aux roues de devant qui, dans nos voitures de luxe, sont souvent les plus chargées.

Pour tenir les assemblages des caisses, on emploie des *bandes*, qui sont ordinairement en fer; quelques constructeurs commencent à employer l'acier et réduisent ainsi le poids. MM. Belvallette frères, exposaient un landau avec des bandes en acier, dans lequel l'entrée était très-facile; le plancher état,

relevé à fleur de l'ouverture de la porte, au-dessus des brancards, qu'il faut enjamber d'habitude, soit pour monter, soit pour descendre.

Comme ferrures, je dois citer, vu leur exécution hors ligne, les brides américaines de Seward and Son, de New-Haven ; cette maison livre chaque année 200 000 douzaines de brides en fer et 175 000 douzaines d'articles divers de quincaillerie pour voitures. Je cite cet exemple, qui montre l'importance de la division du travail au double point de vue de la parfaite exécution provenant de l'emploi de moyens mécaniques convenables et du bas prix de revient qui en résulte.

M. Faurax avait exposé une calèche à huit ressorts dans laquelle la flèche, chef-d'œuvre d'exécution de forge, était faite d'une seule pièce avec les fourchettes et les empanons à bouts sculptés; le bois était complétement supprimé et la forme était simple et rationnelle.

Les mails-coach, fig. 66, présentaient de très-beaux exemples d'application de mécanique d'enrayage. Pour permettre aux dames de monter sur ces voitures, on avait exposé plusieurs systèmes de marchepieds ou d'échelles; MM. Million et Guiet avaient employé une échelle à coulisse, se relevant horizontalement au moyen d'une charnière et rentrant en glissant dans le coffre où elle se trouvait entièrement dissimulée par un recouvrement mobile.

M. Binder aîné avait employé une échelle à charnière et il soutenait la partie brisée par un support, qui donnait une grande solidité à l'ensemble; le tout était dissimulé comme dans le cas précédent.

Les américains avaient exposé plusieurs modèles de *marchepieds*, recouverts de caoutchouc strié, fig. 77, d'un beau noir mat, ayant l'avantage d'empêcher de glisser quand le marchepied est mouillé ou la voiture inclinée sur le bord d'un trottoir, et donnant ainsi une sécurité absolue. La palette du marchepied est en fonte malléable, fig. 78, et percée, tout autour, de trous fraisés; le caoutchouc comprimé directement sur la palette dans des moules spéciaux pendant la vulcanisation, rentre à force dans les trous de cette palette et s'unit à celui qui vient dépasser les bords; de cette façon la palette se trouve entièrement et solidement recouverte; le caoutchouc contient, dans son épaisseur, une doublure en canevas, qui s'étend par-dessus les bords de la palette et est percé pour laisser le caoutchouc passer à travers les trous fraisés; elle le renfonce de telle sorte, qu'il lui est impossible de se casser ou de prendre du jeu. La tige entre à force dans la queue d'aronde fondue sous la palette et y est maintenue par une clavette dont on courbe l'extrémité pour en empêcher la sortie.

M. Henderson de Glascow avait à ses voitures les frettes de devant recouvertes de caoutchouc strié remplaçant les frettes quadrillées employées depuis longtemps; ce système empêche de même de glisser.

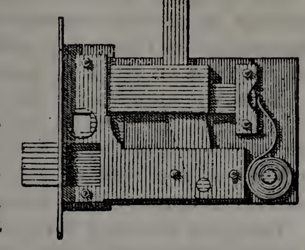
Les constructeurs anglais emploient encore à leurs voitures les *serrures* ne s'ouvrant que du dehors et sans ressort, que nous avons abandonnées pour les remplacer par des serrures à ressorts s'ouvrant du dedans comme du dehors. Pour supprimer la saillie intérieure produite par la bascule de la serrure, on emploie depuis longtemps la serrure à levier fonctionnant dans l'épaisseur de la doublure de la porte. Cette serrure oblige de dégarnir quand on veut la graisser; j'avais exposé une serrure de ce genre, mais à levier mobile (fig. 35), qui évite cet inconvénient; on retire le levier en poussant le pène, et on peut alors retirer la serrure de la porte sans toucher à la garniture.

Les leviers nécessitent une fente dans la baguette en ébénisterie qui se trouve sur la doublure; M. Lucas avait exposé une serrure à levier circulaire sortant par un trou pratiqué dans la baguette et évitant cette fente : cette serrure oblige de dégarnir quand on veut graisser.

Les portes des voitures de M. Kellner étaient fermées avec une serrure que

l'on ouvrait, non pas en tournant, comme on le fait d'habitude, mais en appuyant; cette serrure affaiblit un peu moins les montants de la porte.

Les portes sont montées sur des charnières à pivot de façon à dégager complétement la baie quand on ouvre; quelques voitures étaient montées avec des charnières à pivot se décrochant à volonté, sans rien dévisser.


Fig. 35. — Serrure à levier mobile.

Les châssis de glace en fer de M. Chéry donnent plus de lumière à l'intérieur de la voiture; M. Felbber les avait appliqués à un coupé.

M. Bungens avait exposé des lanternes dont les glaces sont à plusieurs biseaux; son but est d'envoyer les reflets sous un plus grand angle et d'éviter la buée dans l'intérieur par les temps froids.

M. John Roberts avait, exposé un coupé dont la lanterne avait une plaque mobile, permettant d'éclairer à volonté l'intérieur de la voiture.

M. Muhlbacher avait, dans un coupé, une lanterne d'intérieur permettant de lire très-facilement.

Landaus. — La fermeture des anciens landaus était difficile; il fallait tendre les compas à la fois des deux côtés pour ne pas les tordre ou les fausser.

On a évité cet inconvénient, en reliant par un arbre, dissimulé sous la garniture du dossier, les extrémités des deux compas. Pour faciliter la manœuvre, on a employé les *systèmes de relevage automatique des capotes.*

Le plus ancien de ces systèmes, celui de M. Rock, exposé par MM. Morel, Million et Guiet, etc., et en Angleterre par M. Harrison, est composé de ressorts à lames ou à boudins, fig. 79, agissant sur le bas de la charnière des montants de porte.

Dans la voiture anglaise montée avec le système Rock, la glace est coupée, le panneau n'étant pas assez haut pour la recevoir; la partie qui se replie est en ébénisterie, le marchepied est mécanique et s'ouvre avec la porte.

M. Belvallette, ajoute à l'arbre dont j'ai parlé, une bielle sur laquelle il fait agir des ressorts pour relever automatiquement les capotes. La fig. 80 représente le système de M. Belvallette, fonctionnant avec des ressorts à boudins.

Dans le système Mackenzie, un ressort à boudin agit sur le haut du montant de porte et fait fermer en même temps le pavillon. Ce système était appliqué au landau de M. Henderson et de quelques exposants anglais.

M. Devillard exposait un landau en blanc, à cinq glaces, dans lequel le relevage se fait au moyen d'un ressort formé d'une lame tordue en hélice, cachée dans un tube, et agissant derrière sur le bas des compas et devant sur la charnière du parallélogramme. MM. Poitrasson et Rebut avaient exposé des landaus en blanc fonctionnant très-bien avec ce système.

MM. Guyot et Cie avaient exposé des landaus en blanc fonctionnant avec des ressorts torses, analogues au précédent mais formés de plusieurs lames réunies, et agissant dans les landaus, fig. 61, sur les extrémités inférieures des compas des capotes; et dans les cinq glaces à parallélogramme, fig. 64, sur les charnières du devant; les glaces de côté se replient autour de deux charnières verticales, sur la grande glace du devant, les montants qui encadraient ces deux glaces forment parallélogramme en se rabattant sous le siége, qui est monté sur des charnières en fer. Pour remplir le jour qui existe sous le siége quand le landau est fermé, MM. Guyot et Cie avaient exposé un autre landau avec un faux coffre mobile autour d'une charnière; dans ce landau, la glace du devant se loge dans

un coulant ménagé dans la caisse, et les glaces de côté glissent jusqu'au-dessus des portes et descendent dans des coulants qui leur sont ménagés.

M. Aldebert avaient supprimé les ressorts intérieurs pour le relevage et les avait mis extérieurement autour des goujons de caisse.

MM. Rock et Hawkins avaient fait des compas en acier formant ressort et servant au relevage automatique ; ces compas sont fixés en haut aux goujons de capote ; en relevant le pavillon, les compas à ressort s'ouvrent et ils se bandent quand on rabat, de façon qu'ils aident ensuite à relever.

M. Moyne s'était servi de ressorts à boudins fixés au-dessous de la charnière du montant de porte et agissant en haut de ce montant ; il employait aussi un système avec deux ressorts à boudins placés horizontalement, tirant d'un côté sur le bas de la colonne et de l'autre sur les deux leviers placés aux extrémités de l'arbre réunissant les compas.

Tous ces systèmes fonctionnent bien ; ils étaient appliqués à beaucoup de landaus notamment à ceux de MM. Bail aîné, Belvallette, Binder aîné, Charcot, Jeantaud, Million et Guiet, Morel, Muhlbacher, Poitrasson, Rebut, Rothschild, et de quelques autres constructeurs de la France et de l'étranger.

Ces mêmes systèmes étaient appliqués à trois mylords ; dans celui de M. Poitrasson, les compas étaient intérieurs ; dans celui de M. Jeantaud, ils étaient cachés dans la garniture et la capote était tendue par un écrou nickelé qui la reliait au milieu de la galerie de siège ; dans le mylord de M. Bail aîné, un levier placé sur le côté du siège agissait sur un arbre qui tendait ou détendait les compas intérieurs.

En découvrant les landaus par tous ces systèmes, les montants quittent la glace qui pourrait tomber si on oubliait de la descendre dans son logement ; quand le landau est couvert, on ne peut non plus ouvrir la porte sans faire descendre la glace.

De nombreux systèmes ont été exposés pour remédier à ces inconvénients. Le plus simple est le chasse-glace : le mouvement de rotation qu'on imprime à la poignée en ouvrant la porte, soulève une partie du repos de glace, qui forme alors plan incliné ; une pédale portant un arrêt ne laisse ouvrir la porte que lorsque la glace est descendue.

Dans un autre système on maintient la glace par deux coulants ; on n'a donc plus à s'en préoccuper, quand on ouvre la porte ou qu'on rabat la capote.

Dans le landau de M. Riegel, il n'y a qu'un seul coulant d'un côté. On a employé aussi un cadre qui entoure la glace et descend avec elle dans la porte ; quand la glace est levée, on la fait osciller autour de deux pivots placés au milieu, de chaque côté du cadre, et on la pose sur le repos de glace.

Un autre exposant avait employé deux montants mobiles réunis par une traverse supérieure et reliés à la porte par des tenons courbes ; la porte peut ainsi s'ouvrir à volonté, les montants tiennent la glace. Quand on veut découvrir ou baisser la glace, on ôte le crochet supérieur, on fixe les deux montants aux colonnes par des serrures à crochet que l'on manœuvre de l'intérieur et les deux tenons courbes se dégagent naturellement pendant le rabattement.

Dans le landau de M. Rostaing, il y avait un seul montant fixé à la colonne par une sorte de charnière à pivot et à la porte par un tenon courbe ; dans ce système, il n'y a plus aucune autre manœuvre à faire, que de baisser la glace comme il faut du reste le faire avec tous les systèmes, sauf le premier décrit.

Beaucoup de constructeurs préfèrent les systèmes dits *à porte entière* : la porte est coupée à fleur du bas de la glace et montée avec deux charnières de façon à pouvoir se rabattre dans l'intérieur et sur le bas de la porte, qu'il faut ouvrir pour faire cette opération. Ce cadre maintient parfaitement la glace et donne à la porte un aspect plus régulier que tous les systèmes précédents. Pour

fixer le cadre de la glace sur la porte, M. Kellner emploie une serrure à ressort, M. Binder aîné un verrou latéral entaillé, M. Jeantaud un verrou intérieur, M. Bouillon fixe de plus le haut du cadre par un pivot à ressort qui se décroche en ouvrant les capotes.

Voitures.

Voitures à deux roues. — Au point de vue du tirage, ces voitures sont avantageuses parce qu'elles sont légères et que la charge repose entièrement sur deux grandes roues. Elles ont quelquefois l'inconvénient de vanner, c'est-à-dire de faire sentir le mouvement du cheval; le voyageur court le risque d'être jeté hors de la voiture, si le cheval s'abat; enfin, dans les pentes, la charge n'est plus équilibrée.

Dans les voitures exposées, on avait cherché à remédier à tous ces inconvénients. L'exposition anglaise présentait un grand nombre de voitures à deux roues. M. J. Bush avait exposé un dog-cart dans lequel le siège est suspendu de telle sorte qu'il reste horizontal, même quand le cheval s'abat; de plus, la voiture peut prendre, au moyen d'un levier, des inclinaisons telles que sur une pente on puisse ramener le centre de gravité près de l'essieu.

M. Rousseau avait exposé un dog-cart charrette, fig. 45 avec un régulateur pour équilibrer la charge et laisser ainsi la caisse horizontale en élevant ou en baissant, suivant les cas, l'extrémité des brancards; les voyageurs restent bien assis et le cheval n'est pas surchargé, même sur les côtes les plus rapides. Quand ces voitures ont deux sièges fixes, elles ne sont en équilibre que lorsque les deux sièges sont occupés et que les poids des voyageurs sont sensiblement égaux; M. Dousserin avait exposé un dog-cart dans lequel, au moyen d'un levier, il déplace les deux sièges pour rétablir l'équilibre.

Dans le dog-cart exposé par M. Dosme-Chatain, en ouvrant la porte derrière, on obtient un second siège qui s'équilibre de lui-même; le siège de devant avance et la partie qui reçoit les pieds suit d'elle-même le mouvement du siége.

Pour supprimer le mouvement de vannage, on rend les brancards indépendants de la caisse; ces brancards sont en général en bois de lance et très élastiques; on les fixe à l'avant de la voiture par un boulon autour duquel ils peuvent osciller; on les amincit ensuite et on les relie à l'arrière de la caisse soit par un boulon que l'on peut monter plus ou moins haut suivant la taille du cheval, soit par un ressort terminant le brancard, soit par un ressort de travers fixé à la caisse en son milieu et recevant les deux extrémités des brancards comme dans la charrette exposée par M. Kolber, fig. 46 et 47; dans ce montage les brancards peuvent de même se fixer plus ou moins haut, l'attelage est rigide, il se fait à un palonnier relié à l'essieu par deux chaînes.

En laissant au brancard toute liberté d'oscillation, en ovalisant le trou dans lequel passe le boulon de l'extrémité, ou en employant autour des boulons la bobine en caoutchouc, ou par les ressorts déjà indiqués, le mouvement du trot du cheval se communique peu à la caisse.

Beaucoup de ces voitures avaient un palonnier à ressort donnant l'attelage élastique; d'autres avaient au contraire l'attelage rigide.

Dans la carriole de Norwége, de MM. Sorenson et Klovstad, la caisse est avancée de façon à reporter la charge sur l'essieu, sur un sol horizontal.

Il y avait deux coupés à deux roues pouvant remplacer avantageusement le cab anglais, fig. 48, dont la fermeture par un châssis ployant et par un tablier double à charnières est bien plus longue que celle de la porte : le coupé est plus commode pour monter ou descendre rapidement. Les mêmes problèmes

d'équilibre, de vannage, sont à résoudre pour ces voitures. Dans le coupé à deux roues de M. Obrenski, l'entrée de la voiture est facile.

Vélocipèdes. — M. Renard avait exposé un vélocipède à deux roues, fig. 75, dont la plus grande avait deux mètres de diamètre. En tournant la tringle du gouvernail, on fait descendre deux tiges, dont les extrémités coudées sont reportées en dehors par des guides en hélice, et donnent une stabilité suffisante pour qu'on puisse monter sur les marchepieds fixés le long du corps. Pour partir, on tourne vivement le gouvernail, les points d'appui se relèvent, et guidés par les hélices ils décrivent un arc de cercle qui les rapproche du plan de la roue de devant; on agit en même temps sur les pédales qui sont remontées à la hauteur du pied, au moyen d'un parallélogramme et le mouvement des jambes est exactement le même que dans le vélocipède ordinaire. Avec un modèle de $1^m,60$, plus petit que celui qui était exposé, on a pu aller à Rouen et en revenir en dix heures, ce qui correspond à une vitesse de sept lieues à l'heure; le modèle exposé construit en acier et en caoutchouc, pèse 25 kilos.

M. Meyer exposait plusieurs vélocipèdes très-légers, munis des roues que j'ai décrites.

M. Surrey exposait des vélocipèdes très-légers, à corps creux en acier; les jantes des roues en forme d'U, fig. 72, formées en gorge pour recevoir le caoutchouc, sont construites en fine tôle d'acier; leur résistance est telle que, sans le secours des rais tendus, elles supportent sans fléchir le poids de plusieurs hommes; les rayons sont ainsi préservés de toutes secousse; ils sont en acier, très-fins, et au nombre de 90 à 200, suivant le diamètre de la roue; cette quantité de rayons donne à l'ensemble une très-grande rigidité.

Le vélocipède à vapeur de M. Perreaux, porte derrière la selle le générateur, le foyer et le moteur qui transmet le mouvement aux roues par des chaînes; le piston a 22 mil. de diamètre sur 80 de course et la machine produit 14 kilogrammètres; on chauffe à l'alcool, la vapeur est surchauffée dans des tubes enroulés en hélice autour de la chaudière. Ce même système était appliqué à un tricycle très-maniable et très-léger.

MM. Haynes et Jefferis exposaient un tricycle, fig. 76, ayant à gauche une grande roue motrice et à droite deux roues directrices s'inclinant ensemble, mais en sens inverse, sous l'action du gouvernail, ce qui permet de tourner très-facilement. Le mouvement est communiqué par deux pédales à un arbre à double coude. La stabilité est excellente; le siège est suspendu; les ferrures sont remplacées par des tubes creux en acier, qui réunissent la légèreté et la solidite. Ce même tricycle peut se faire à deux places.

Comme voiture d'enfant, je dois signaler l'ingénieuse voiture automatique de M. Mégissier, dans laquelle les enfants peuvent s'asseoir, se lever, marcher dans la direction qui leur convient, sans aucune surveillance, car si l'enfant se fatigue, en tombant il se trouve assis sur un petit siége qu'un mouvement, pourvu de ressorts, relève automatiquement quand l'enfant se redresse. Ce chariot se transforme facilement en petite voiture pour aller à la promenade.

Voitures à quatre roues. — Ces voitures se font sur un grand nombre de modèles ayant chacun leurs avantages particuliers; je ne signalerai comme précédemment, que les voitures présentant des dispositions spéciales.

Phaétons wagonnettes. — Dans les voitures dont les siéges se placent en travers, comme les phaétons, il faut monter entre les roues de côté, ou enjamber la roue de devant. Le buggy, fig. 52, exposée par M. Brewster, et construit très-solidement quoique avec la plus grande légèreté, est dans ces conditions. On a cherché à rendre l'accès de ces voitures plus facile aux dames; on emploie

depuis longtemps un marchepied à tiroir se logeant sous les pieds du cocher et pouvant se développer par-dessus la roue en offrant plusieurs marches; une dame monte ainsi sans difficulté sur le siège de devant. Pour la faire arriver au second siège, il y a plusieurs moyens : M. Brewster avait exposé un phaéton dans lequel on braque l'avant-train pour permettre à une dame de monter devant, puis en faisant tourner en dehors la moitié du siège d'avant on peut arriver à celui d'arrière; mais la lanterne suivait ce mouvement et se renversait; il avait évité cet inconvénient dans une autre voiture exposée. M. Lagogué relève le second siège sur le côté et on peut monter à l'arrière de la voiture, qui est munie d'un marchepied et d'une porte. Pour passer sur le devant, on peut appliquer le même système; pour aider à relever les sièges, il emploie un levier à ressort dans le genre de ferme-porte.

Le phaéton de M. Julian avait à l'arrière un siège qui pivotait comme celui de la fig. 54, et laissait alors libre l'ouverture de la porte, qui développait un marchepied garni de bandes en caoutchouc pour empêcher de glisser.

M. Thorn avait exposé un phaéton, fig. 54, ayant un accès très-facile par la porte située à l'arrière, qui, en s'ouvrant, fait pivoter le siège et développe un marchepied mécanique. Pour passer devant, on lève la moitié du siège autour de deux ferrures formant chacune parallélogramme, et il suffit d'enjamber le passage de roue pour être sur le premier siège.

En relevant le siège de l'arrière et rapportant deux siéges de côté, on a la wagonnette que M. Thorn avait aussi exposée.

Avec ce système, on évite le marchepied à tiroir et l'on n'est plus obligé d'enjamber la roue de devant, ou de monter entre les roues de côté, comme dans la plupart des phaétons.

M. Jacobs, avait exposé un phaéton à portières, fig. 53, avec une capote recouvrant les deux sièges; en transportant les deux supports antérieurs à côté des deux autres, on peut rabattre le tout comme une capote ordinaire.

MM. Peters et fils avaient exposé un spider, fig. 51, voiture qui est un peu plus légère que le phaéton.

Ducs, mylords. — Dans ces voitures on demande souvent un siège mobile ou strapontin, pouvant s'enlever à volonté.

Le duc de M Julian avait un petit strapontin dissimulé sur le garde-crotte; on l'enlevait avec une poignée et on le mettait en place en le faisant pivoter autour de deux supports ayant comme longueur la moitié de la largeur du strapontin, fixés en haut à la caisse et en bas au milieu du strapontin.

M. Levacher avait exposé un duc, fig. 49. dans lequel le garde-crotte en se rabattant successivement autour de deux lignes de charnières, forme un siège, puis un dossier. Ce siège en se repliant se transforme de nouveau en garde-crotte.

M. Charcot avait exposé un mylord, fig. 57, avec son siège strapontin, qui transforme à volonté cette voiture en vis-à-vis; les accotoirs de ce strapontin sont articulés à charnières à leurs deux extrémités de façon qu'en faisant tourner le siège du cocher autour des deux charnières antérieures on peut replier le strapontin sous la boîte du siège. Ce siège est assez large pour deux grandes personnes; il reste toujours fixé à la voiture et un instant suffit pour le mettre en service; il disparaît entièrement sous le siège du cocher et les supports servent de garde-fou.

M. O. de Ruytter avait exposé un duc, fig. 50, avec siège fixe devant; l'aile d'avant va jusqu'au marchepied, disposition qui garantit efficacement de la boue le marchepied et l'aile d'arrière.

M. Merville avait exposé des parapluies pouvant couvrir les ducs et les vis-à-vis et les protéger du soleil et même de la pluie en ajoutant des rideaux.

d'équilibre, de vannage, sont à résoudre pour ces voitures. Dans le coupé à deux roues de M. Obrenski, l'entrée de la voiture est facile.

Vélocipèdes. — M. Renard avait exposé un vélocipède à deux roues, fig. 75, dont la plus grande avait deux mètres de diamètre. En tournant la tringle du gouvernail, on fait descendre deux tiges, dont les extrémités coudées sont reportées en dehors par des guides en hélice, et donnent une stabilité suffisante pour qu'on puisse monter sur les marchepieds fixés le long du corps. Pour partir, on tourne vivement le gouvernail, les points d'appui se relèvent, et guidés par les hélices ils décrivent un arc de cercle qui les rapproche du plan de la roue de devant; on agit en même temps sur les pédales qui sont remontées à la hauteur du pied, au moyen d'un parallélogramme et le mouvement des jambes est exactement le même que dans le vélocipède ordinaire. Avec un modèle de $1^{m},60$, plus petit que celui qui était exposé, on a pu aller à Rouen et en revenir en dix heures, ce qui correspond à une vitesse de sept lieues à l'heure; le modèle exposé construit en acier et en caoutchouc, pèse 25 kilos.

M. Meyer exposait plusieurs vélocipèdes très-légers, munis des roues que j'ai décrites.

M. Surrey exposait des vélocipèdes très-légers, à corps creux en acier; les jantes des roues en forme d'U, fig. 72, formées en gorge pour recevoir le caoutchouc, sont construites en fine tôle d'acier; leur résistance est telle que, sans le secours des rais tendus, elles supportent sans fléchir le poids de plusieurs hommes; les rayons sont ainsi préservés de toutes secousse; ils sont en acier, très-fins, et au nombre de 90 à 200, suivant le diamètre de la roue; cette quantité de rayons donne à l'ensemble une très-grande rigidité.

Le vélocipède à vapeur de M. Perreaux, porte derrière la selle le générateur, le foyer et le moteur qui transmet le mouvement aux roues par des chaînes; le piston a 22 mil. de diamètre sur 80 de course et la machine produit 14 kilogrammètres; on chauffe à l'alcool, la vapeur est surchauffée dans des tubes enroulés en hélice autour de la chaudière. Ce même système était appliqué à un tricycle très-maniable et très-léger.

MM. Haynes et Jefferis exposaient un tricycle, fig. 76, ayant à gauche une grande roue motrice et à droite deux roues directrices s'inclinant ensemble, mais en sens inverse, sous l'action du gouvernail, ce qui permet de tourner très-facilement. Le mouvement est communiqué par deux pédales à un arbre à double coude. La stabilité est excellente; le siège est suspendu; les ferrures sont remplacées par des tubes creux en acier, qui réunissent la légèreté et la solidite. Ce même tricycle peut se faire à deux places.

Comme voiture d'enfant, je dois signaler l'ingénieuse voiture automatique de M. Mégissier, dans laquelle les enfants peuvent s'asseoir, se lever, marcher dans la direction qui leur convient, sans aucune surveillance, car si l'enfant se fatigue, en tombant il se trouve assis sur un petit siége qu'un mouvement, pourvu de ressorts, relève automatiquement quand l'enfant se redresse. Ce chariot se transforme facilement en petite voiture pour aller à la promenade.

Voitures à quatre roues. — Ces voitures se font sur un grand nombre de modèles ayant chacun leurs avantages particuliers; je ne signalerai comme précédemment, que les voitures présentant des dispositions spéciales.

Phaétons wagonnettes. — Dans les voitures dont les siéges se placent en travers, comme les phaétons, il faut monter entre les roues de côté, ou enjamber la roue de devant. Le buggy, fig. 52, exposée par M. Brewster, et construit très-solidement quoique avec la plus grande légèreté, est dans ces conditions. On a cherché à rendre l'accès de ces voitures plus facile aux dames; on emploie

depuis longtemps un marchepied à tiroir se logeant sous les pieds du cocher et pouvant se développer par-dessus la roue en offrant plusieurs marches ; une dame monte ainsi sans difficulté sur le siège de devant. Pour la faire arriver au second siège, il y a plusieurs moyens : M. Brewster avait exposé un phaéton dans lequel on braque l'avant-train pour permettre à une dame de monter devant, puis en faisant tourner en dehors la moitié du siège d'avant on peut arriver à celui d'arrière; mais la lanterne suivait ce mouvement et se renversait; il avait évité cet inconvénient dans une autre voiture exposée. M. Lagogué relève le second siège sur le côté et on peut monter à l'arrière de la voiture, qui est munie d'un marchepied et d'une porte. Pour passer sur le devant, on peut appliquer le même système ; pour aider à relever les sièges, il emploie un levier à ressort dans le genre de ferme-porte.

Le phaéton de M. Julian avait à l'arrière un siège qui pivotait comme celui de la fig. 54, et laissait alors libre l'ouverture de la porte, qui développait un marchepied garni de bandes en caoutchouc pour empêcher de glisser.

M. Thorn avait exposé un phaéton, fig. 54, ayant un accès très-facile par la porte située à l'arrière, qui, en s'ouvrant, fait pivoter le siège et développe un marchepied mécanique. Pour passer devant, on lève la moitié du siège autour de deux ferrures formant chacune parallélogramme, et il suffit d'enjamber le passage de roue pour être sur le premier siège.

En relevant le siège de l'arrière et rapportant deux siéges de côté, on a la wagonnette que M. Thorn avait aussi exposée.

Avec ce système, on évite le marchepied à tiroir et l'on n'est plus obligé d'enjamber la roue de devant, ou de monter entre les roues de côté, comme dans la plupart des phaétons.

M. Jacobs, avait exposé un phaéton à portières, fig. 53, avec une capote recouvrant les deux sièges; en transportant les deux supports antérieurs à côté des deux autres, on peut rabattre le tout comme une capote ordinaire.

MM. Peters et fils avaient exposé un spider, fig. 51, voiture qui est un peu plus légère que le phaéton.

Ducs, mylords. — Dans ces voitures on demande souvent un siège mobile ou strapontin, pouvant s'enlever à volonté.

Le duc de M Julian avait un petit strapontin dissimulé sur le garde-crotte; on l'enlevait avec une poignée et on le mettait en place en le faisant pivoter autour de deux supports ayant comme longueur la moitié de la largeur du strapontin, fixés en haut à la caisse et en bas au milieu du strapontin.

M. Levacher avait exposé un duc, fig. 49, dans lequel le garde-crotte en se rabattant successivement autour de deux lignes de charnières, forme un siège, puis un dossier. Ce siège en se repliant se transforme de nouveau en garde-crotte.

M. Charcot avait exposé un mylord, fig. 57, avec son siège strapontin, qui transforme à volonté cette voiture en vis-à-vis; les accotoirs de ce strapontin sont articulés à charnières à leurs deux extrémités de façon qu'en faisant tourner le siège du cocher autour des deux charnières antérieures on peut replier le strapontin sous la boîte du siège. Ce siège est assez large pour deux grandes personnes ; il reste toujours fixé à la voiture et un instant suffit pour le mettre en service; il disparaît entièrement sous le siège du cocher et les supports servent de garde-fou.

M. O. de Ruytter avait exposé un duc, fig. 50, avec siège fixe devant; l'aile d'avant va jusqu'au marchepied, disposition qui garantit efficacement de la boue le marchepied et l'aile d'arrière.

M. Merville avait exposé des parapluies pouvant couvrir les ducs et les vis-à-vis et les protéger du soleil et même de la pluie en ajoutant des rideaux.

M. Markoff avait exposé une victoria avec siège de domestique à l'arrière, fig. 55; en France, le siège en fer des victorias est presque abandonné pour le siège en bois des mylords; au point de vue de la légèreté cependant, la victoria exposée par M. Markoff, et celle exposée par MM. Nellis et Fresé, présentent des avantages sur les mylords,

Je rappelle les systèmes de relevage des capotes, déjà décrits, qui avaient été appliqués à trois mylords de la section française.

Coupés, cabs. — M. Constantin avait exposé un coupé dans lequel les portes sont ramenées contre la caisse par un ressort placé sous la banquette. Au lieu de manœuvrer la serrure par un levier, il emploie un ancien système : un chasse-pène, fixé au montant de porte et par conséquent indépendant de la serrure, repousse le pène au moyen d'un levier.

Dans les coupés, on met souvent une grande glace devant; pour en faciliter la manœuvre, M. Pernin avait employé un système de contrepoids cachés sur les côtés des coulants de glace.

Dans le coupé de M. Poitrasson, les portes s'ouvrent du côté des roues d'avant, et on met un garde-crotte aux roues d'arrière.

Pour diminuer un peu le tirage, M. Audineau avait exposé un coupé dans equel il rapproche les roues d'arrière du centre de gravité.

M. Binder aîné avait le seul coupé ayant un avant-train avec bois droits; cette disposition qui éloigne les petites roues du centre de gravité, diminue le tirage.

Pour rapprocher des grandes roues le centre de gravité, M. Desouches avait coupé le bas des portes en arc de cercle, fig. 59, les charnières sont dans la partie droite; la partie cintrée en s'ouvrant passe par-dessus la roue; cette disposition permet d'élargir à volonté la partie supérieure de la porte. La glace ne peut descendre dans la porte; elle se loge dans l'épaisseur du panneau de custode (de côté), une disposition de pédale à ressort empêche l'ouverture de la porte pendant que ce glissement s'opère.

Le cab anglais, fig. 48, exposé par M. Geibel, a deux grandes roues; le cocher placé à l'arrière est très-élevé et conduit facilement; le voyageur peut ainsi voir devant lui sans obstacle; la fermeture se fait dans le bas par deux demi-portes et en haut par un châssis vitré se ployant à charnières et venant se relever contre le pavillon.

Le cab français, fig. 58, créé par M. Kellner, se rapproche de l'omnibus au point de vue de la répartition de la charge, les voyageurs étant placés sensiblement au-dessus des grandes roues. Cette voiture, un peu plus légère que le coupé, peut se fermer complétement en baissant le tablier et en développant le châssis vitré; l'accès en est très-facile et elle est bien éclairée par deux glaces de côté que l'on peut ouvrir à volonté.

Landaus, landaulets. — J'ai déjà décrit les systèmes automatiques pour le relevage des capotes ou du devant des landaus cinq glaces, dits à parallélogramme, fig. 64, ainsi que les divers systèmes de portes entières.

Il me reste à décrire quelques dispositions spéciales pour rabattre l'avant de ces voitures; la capote de l'arrière se rabattant toujours à peu près de même.

M. Riégel avait exposé un landau à deux capotes dans lequel il a cherché à réduire toutes les dimensions pour donner de la légèreté; pour diminuer la longueur, il rabat la capote d'avant entre les deux supports en fer à charnière sur lesquels le siège du cocher est monté et le coffre qui se réduit aux deux panneaux de côté, lesquels peuvent rentrer dans deux fentes spéciales disposées dans la capote et munies de recouvrements en cuir pour éviter l'infiltration de

la pluie quand la voiture est fermée. Pour laisser le passage libre, les lanternes sont fixées au siège et une disposition ingénieuse de leviers les maintient dans une position verticale quand on relève le siège pour rabattre la capote.

M. Belloni avait exposé un laudaulet trois-quarts dont le devant, muni de cuirs, se rabattait comme celui de M. Riégel; la glace de devant est coupée en deux dans le sens horizontal, pour pouvoir se loger en prenant moins de hauteur; au lieu de relever le siège, on le fait glisser en arrière et la capote se rabat par-dessus le siège qui passe par l'ouverture laissée libre par la glace; puis on ramène le siège à sa place.

Dans les landaus à cinq glaces, on avait employé deux systèmes de rabattement : dans le plus ancien, fig. 63, on fait glisser les glaces de côté au-dessus des portes dans lesquelles on les fait ensuite descendre à côté des glaces de portes; puis on rabat sur la glace de devant descendue dans son coulant les deux montants qui la maintenaient; enfin, les montants de porte se rabattent en avant avec le pavillon qui se ploie en deux ou trois parties et vient se loger dans la gorge du coffre.

Dans le système de rabattement en parallélogramme, fig. 64, les glaces de côté se rabattent à charnière sur la glace du devant et le système des deux montants de porte et des deux montants de glaces, formant en-dessus avec le pavillon, et en-dessous avec la caisse, un ensemble de deux parallélogrammes parallèles, peut se rabattre sous le siège, qui, fixé à l'avant sur des charnières en fer, se relève pour cette opération; avec ce système on emploie un relevage automatique.

On peut aussi, avec ce rabattement en parallélogramme, loger les glaces comme dans l'ancien système.

Dans le landaulet trois-quarts, exposé par M. Belvallette, la glace de devant descend dans un coulant; les deux glaces étroites de côté se logent sous le siège avec leurs deux montants et le pavillon se replie à charnière sur la capote d'arrière.

Enfin dans le landaulet trois-quarts de M. Bail aîné, les deux petites glaces de côté se replient à charnière sur un cadre spécial, pouvant descendre comme la glace de devant, mais dont il reste indépendant; on peut donc à volonté ouvrir la glace de devant ou celles de côté. Les deux montants antérieurs se rabattent l'un à côté de l'autre sur le coulant de glace; les deux montants de porte se rabattent en avant sur les tiges des porte-lanternes et le pavillon se rabat comme dans le cas précédent.

Quelquefois les glaces étroites de côté se logent dans les portes.

La fig. 62 représente un landau à huit ressorts exposé par M. Binder aîné. Cette voiture est destinée à être conduite à la Daumont.

Les calèches sont plus légères que les landaus; elles étaient représentées par quelques voitures à huit ressorts; la fig. 60 représente une calèche à huit ressorts exposée par M. Binder.

MM. Muhlbacher et Dufour frères avaient exposé des vis-à-vis à deux capotes, dans lesquels il n'y a pas de glaces de porte, mais qui protègent suffisamment contre la pluie.

Voitures à panneaux et à glaces mobiles, système brev. s. g. d. g. de G. Anthoni. — Les landaus et les landaulets sont certainement les voitures les plus commodes; pouvant s'ouvrir et se fermer rapidement, au moyen des capotes et des compas, ils sont de toute saison et fort appréciés; ils ont remplacé presque complétement les calèches que l'on ne peut couvrir aussi facilement. Ces voitures seraient encore plus employées si l'on pouvait supprimer les cuirs des capotes qui enlèvent beaucoup de jour, exigent l'emploi des compas,

restent peu de temps en bon état et dont l'entretien est difficile et coûteux : les cuirs en effet se ternissent vite, ils forment des plis disgracieux, se durcissent au soleil, se cassent; les capotes ne ferment plus bien et laissent alors infiltrer l'eau dans la voiture.

Les berlines et les coupés, qui ne peuvent s'ouvrir il est vrai, ont, avec leurs panneaux peints et vernis, et leurs glaces, un aspect bien plus riche et sont, par cette raison, préférés par beaucoup de clients.

M. Charcot avait exposé un coupé trois-quarts à panneaux et à glaces mobiles de mon système. Le siège du cocher, monté sur des charnières en fer, fig. 65, se relève pour permettre le rabattement en parallélogramme du devant, après avoir replié les petites glaces de côté sur la grande glace. L'arrière, formé d'un grand panneau, se rabat de même; les panneaux de custode, qui peuvent à volonté se remplacer par des glaces, se replient sur le panneau d'arrière et le tout se rabat en parallélogramme. Le relevage se fait par un des systèmes automatiques que j'ai décrits et les panneaux ou les glaces maintiennent les montants.

Dans un landau du même système, j'ai logé les panneaux de custode dans les portes; en leur donnant ainsi qu'aux glaces le cintre de la caisse, et par une disposition toute nouvelle d'accotoir à ressort, qui permet une fermeture hermétique, empêche l'air de pénétrer et cache la place qu'occupent les montants quand ils se rabattent, j'ai pu donner à cette voiture l'aspect d'une berline, avec ses panneaux et ses glaces à fleur de la caisse.

Ce système s'applique de même aux coupés à deux places, aux coupés trois-quarts, permet de les ouvrir aussi facilement et aussi vite que les landaus, tout en remplaçant les cuirs par des glaces ou des panneaux qui offrent une surface toujours unie et brillante.

Voitures diverses. — M. Bollée avait exposé deux voitures à vapeur dans lesquelles l'avant-train est disposé de telle sorte que le conducteur peut ralentir ou accélérer la vitesse et diriger très-facilement.

Il y avait un assez grand nombre de mail-coach, d'omnibus, de braecks, de voitures de commerce et de transport dans la section française et dans la section anglaise.

Le mail-coach, fig. 66, voiture spécialement destinée aux courses et exclusivement fabriquée en Angleterre pendant longtemps, se construit parfaitement en France et était exposée par un grand nombre de fabricants, par MM. Belvallette, Binder aîné, Desouches, Kellner, Labourdette, Million et Guiet, Morel, Rothschild de Paris, par MM. Peters, Laurie et Marner de Londres, par M. Brewster de New-York et par M. Kolber de Pesth. Plusieurs de ces voitures présentaient des marchepieds perfectionnés et des freins très-bien étudiés.

Les omnibus sont avantageux sous le rapport du tirage, et très-employés, depuis le petit omnibus à quatre places, jusqu'au nouveau modèle à 40 places de la Cie des omnibus, fig. 68. Cette voiture a 4 mètres de long sur $1^m,90$ de large; la voie du milieu au milieu des cercles est de 2 mètres; l'assise par voyageur est de 0,485.

L'omnibus à huit places intérieures, exposé par M. Charcot, a un grand coffre pour recevoir les chiens, la mécanique d'enrayage est mise en mouvement par un volant; il y a quatre places sur l'impériale et une galerie pour les bagages.

Le grand braeck de chasse de M. Morel a de même un grand coffre : l'accès des places intérieures est très-facile ; le montage est à quatre ressorts pincettes; les mains sont retenues par des cuirs pour empêcher le recul des grandes roues sous l'action du frein.

Comme *voitures de transport*, il y en avait de toutes sortes depuis la brouette jusqu'aux gros chariots.

M. Hébert avait exposé une brouette bicycle : en levant les brancards, une roue articulée, placée entre les deux pieds de la brouette, prend d'elle-même sa position de travail et soulage les bras de l'homme qui n'a plus qu'à diriger.

M. Bernard avait exposé un tombereau automatique, la planche d'arrière fait bascule autour de deux charnières inférieures et s'accroche sous la voiture; la charge étant versée, on peut remettre la planche en place pendant la marche.

MM. Perousset et Samuel avaient exposé un chariot fourragère très-léger, monté à deux pincettes devant, et à trois ressorts derrière; M. Roy avait une voiture du même genre, montée à six ressorts; MM. Chambart et Cuillier exposaient un très-fort chariot; MM. Lemercier et Larochette avaient un très-fort chariot destiné au transport des grains et dont tous les détails étaient parfaitement soignés. Dans la section anglaise on remarquait le gros chariot agricole envoyé d'Australie.

MM. Sabon et Renault avaient exposé une voiture de directeur de cirque, qui, avec ses peintures appropriées, et son mobilier intérieur complet, a été fort remarquée.

Ils avaient exposé aussi l'énorme chariot, fig. 69, dont j'ai déjà eu occasion de parler, spécialement destiné au transport du gros matériel de guerre : ce chariot peut être traîné soit par des chevaux, soit par une locomotive routière; un puissant frein à vis, permet d'en modérer la marche sur les plus fortes pentes. Le corps du chariot mesure $5^{m},80$ de longueur sur $1^{m},50$ de largeur et se compose d'un châssis dont les montants sont consolidés par une forte plate-bande en fer. Ces deux montants sont reliés entre eux par des barres et des boulons d'assemblage; leur écartement est maintenu par des entretoises creuses, à embases, qui enveloppent les boulons. Deux semelles relient toutes les barres entre elles et sont liées aux montants par des cornières en fer. Le dessus du tablier est consolidé par de grandes équerres en fer qui rendent le corps du chariot indéformable. La cheville ouvrière, d'un poids de 60 kilogrammes, est garnie d'une poignée qui permet de l'enlever à volonté par une ouverture réservée dans le tablier du chariot. Trois crochets servent à tirer au besoin le chariot en arrière; ils peuvent être utilisés à la manœuvre, tous les trois ou isolément suivant les cas; celui du milieu est égal comme solidité aux deux crochets latéraux. Le chargement des objets à transporter peut s'opérer sur un plan incliné, fixé à l'arrière du chariot, à l'aide d'un treuil double, monté sur l'avant et qui peut être manœuvré des deux côtés du chariot; quatre hommes peuvent aisément, à l'aide de ce treuil et d'un wagonnet, tirer sur le plan incliné une charge de plus de quarante tonnes.

Appareils enregistreurs (1).

L'odographe, le dynamomètre et le séismographe sont des appareils enregistreurs qui peuvent servir à comparer les voitures au point de vue de la vitesse, du tirage et de la douceur de la suspension.

Odographe. — J'extrais de la conférence sur les moteurs animés, faite par M. E. J. Marey, professeur au collège de France, la description suivante de son odographe.

« La vitesse d'une voiture est essentiellement variable; en mesurant l'espace parcouru et le temps employé, on n'a que la vitesse moyenne, résultant d'une

(1) Voir les *Appareils enregistreurs*, l'article du Docteur Le Bon, tome VII, page 330 et pour les Dynamomètres, l'article de M. Grandvoinnet, tome VII, page 201.

restent peu de temps en bon état et dont l'entretien est difficile et coûteux : les cuirs en effet se ternissent vite, ils forment des plis disgracieux, se durcissent au soleil, se cassent; les capotes ne ferment plus bien et laissent alors infiltrer l'eau dans la voiture.

Les berlines et les coupés, qui ne peuvent s'ouvrir il est vrai, ont, avec leurs panneaux peints et vernis, et leurs glaces, un aspect bien plus riche et sont, par cette raison, préférés par beaucoup de clients.

M. Charcot avait exposé un coupé trois-quarts à panneaux et à glaces mobiles de mon système. Le siège du cocher, monté sur des charnières en fer, fig. 65, se relève pour permettre le rabattement en parallélogramme du devant, après avoir replié les petites glaces de côté sur la grande glace. L'arrière, formé d'un grand panneau, se rabat de même; les panneaux de custode, qui peuvent à volonté se remplacer par des glaces, se replient sur le panneau d'arrière et le tout se rabat en parallélogramme. Le relevage se fait par un des systèmes automatiques que j'ai décrits et les panneaux ou les glaces maintiennent les montants.

Dans un landau du même système, j'ai logé les panneaux de custode dans les portes; en leur donnant ainsi qu'aux glaces le cintre de la caisse, et par une disposition toute nouvelle d'accotoir à ressort, qui permet une fermeture hermétique, empêche l'air de pénétrer et cache la place qu'occupent les montants quand ils se rabattent, j'ai pu donner à cette voiture l'aspect d'une berline, avec ses panneaux et ses glaces à fleur de la caisse.

Ce système s'applique de même aux coupés à deux places, aux coupés trois-quarts, permet de les ouvrir aussi facilement et aussi vite que les landaus, tout en remplaçant les cuirs par des glaces ou des panneaux qui offrent une surface toujours unie et brillante.

Voitures diverses. — M. Bollée avait exposé deux voitures à vapeur dans lesquelles l'avant-train est disposé de telle sorte que le conducteur peut ralentir ou accélérer la vitesse et diriger très-facilement.

Il y avait un assez grand nombre de mail-coach, d'omnibus, de braecks, de voitures de commerce et de transport dans la section française et dans la section anglaise.

Le mail-coach, fig. 66, voiture spécialement destinée aux courses et exclusivement fabriquée en Angleterre pendant longtemps, se construit parfaitement en France et était exposée par un grand nombre de fabricants, par MM. Belvallette, Binder aîné, Desouches, Kellner, Labourdette, Million et Guiet, Morel, Rothschild de Paris, par MM. Peters, Laurie et Marner de Londres, par M. Brewster de New-York et par M. Kolber de Pesth. Plusieurs de ces voitures présentaient des marchepieds perfectionnés et des freins très-bien étudiés.

Les omnibus sont avantageux sous le rapport du tirage, et très-employés, depuis le petit omnibus à quatre places, jusqu'au nouveau modèle à 40 places de la Cie des omnibus, fig. 68. Cette voiture a 4 mètres de long sur $1^m,90$ de large; la voie du milieu au milieu des cercles est de 2 mètres; l'assise par voyageur est de 0,485.

L'omnibus à huit places intérieures, exposé par M. Charcot, a un grand coffre pour recevoir les chiens, la mécanique d'enrayage est mise en mouvement par un volant; il y a quatre places sur l'impériale et une galerie pour les bagages.

Le grand braeck de chasse de M. Morel a de même un grand coffre : l'accès des places intérieures est très-facile ; le montage est à quatre ressorts pincettes; les mains sont retenues par des cuirs pour empêcher le recul des grandes roues sous l'action du frein.

Comme *voitures de transport*, il y en avait de toutes sortes depuis la brouette jusqu'aux gros chariots.

M. Hébert avait exposé une brouette bicycle : en levant les brancards, une roue articulée, placée entre les deux pieds de la brouette, prend d'elle-même sa position de travail et soulage les bras de l'homme qui n'a plus qu'à diriger.

M. Bernard avait exposé un tombereau automatique , la planche d'arrière fait bascule autour de deux charnières inférieures et s'accroche sous la voiture; la charge étant versée, on peut remettre la planche en place pendant la marche.

MM. Perousset et Samuel avaient exposé un chariot fourragère très-léger, monté à deux pincettes devant, et à trois ressorts derrière; M. Roy avait une voiture du même genre, montée à six ressorts; MM. Chambart et Cuillier exposaient un très-fort chariot; MM. Lemercier et Larochette avaient un très-fort chariot destiné au transport des grains et dont tous les détails étaient parfaitement soignés. Dans la section anglaise on remarquait le gros chariot agricole envoyé d'Australie.

MM. Sabon et Renault avaient exposé une voiture de directeur de cirque, qui, avec ses peintures appropriées, et son mobilier intérieur complet, a été fort remarquée.

Ils avaient exposé aussi l'énorme chariot, fig. 69, dont j'ai déjà eu occasion de parler, spécialement destiné au transport du gros matériel de guerre : ce chariot peut être traîné soit par des chevaux, soit par une locomotive routière; un puissant frein à vis, permet d'en modérer la marche sur les plus fortes pentes. Le corps du chariot mesure $5^m,80$ de longueur sur $1^m,50$ de largeur et se compose d'un châssis dont les montants sont consolidés par une forte platebande en fer. Ces deux montants sont reliés entre eux par des barres et des boulons d'assemblage; leur écartement est maintenu par des entretoises creuses, à embases, qui enveloppent les boulons. Deux semelles relient toutes les barres entre elles et sont liées aux montants par des cornières en fer. Le dessus du tablier est consolidé par de grandes équerres en fer qui rendent le corps du chariot indéformable. La cheville ouvrière, d'un poids de 60 kilogrammes, est garnie d'une poignée qui permet de l'enlever à volonté par une ouverture réservée dans le tablier du chariot. Trois crochets servent à tirer au besoin le chariot en arrière; ils peuvent être utilisés à la manœuvre, tous les trois ou isolément suivant les cas; celui du milieu est égal comme solidité aux deux crochets latéraux. Le chargement des objets à transporter peut s'opérer sur un plan incliné, fixé à l'arrière du chariot, à l'aide d'un treuil double, monté sur l'avant et qui peut être manœuvré des deux côtés du chariot; quatre hommes peuvent aisément, à l'aide de ce treuil et d'un wagonnet, tirer sur le plan incliné une charge de plus de quarante tonnes.

Appareils enregistreurs (1).

L'odographe, le dynamomètre et le séismographe sont des appareils enregistreurs qui peuvent servir à comparer les voitures au point de vue de la vitesse, du tirage et de la douceur de la suspension.

Odographe. — J'extrais de la conférence sur les moteurs animés, faite par M. E. J. Marey, professeur au collège de France, la description suivante de son odographe.

« La vitesse d'une voiture est essentiellement variable; en mesurant l'espace parcouru et le temps employé, on n'a que la vitesse moyenne, résultant d'une

(1) Voir les *Appareils enregistreurs*, l'article du Docteur Le Bon, tome VII, page 330 et pour les Dynamomètres, l'article de M. Grandvoinnet, tome VII, page 201.

série de vitesses variables, d'accélérations, de ralentissements et parfois de temps d'arrêt qui restent parfaitement inconnus.

Une mesure rigoureuse des vitesses suppose connu à chaque instant, le chemin parcouru par le véhicule, autrement dit la position qu'il occupe sur la route.

L'expression graphique de la vitesse réelle d'un véhicule suppose que la voiture trace d'elle-même la courbe des chemins parcourus en fonction du temps.

Au moyen de l'odographe, une voiture quelconque trace la courbe de son mouvement avec toutes ses variations.

Cet appareil, basé sur le même principe que la machine Poncelet et Morin, se compose d'un style traceur qui marche parallèlement à la génératrice d'un cylindre tournant couvert de papier. Le mouvement du style suit toutes les phases de celui de la voiture, mais à une échelle très-réduite, afin que le tracé d'un parcours de plusieurs myriamètres puisse tenir dans les dimensions d'une feuille de papier. Quant au mouvement du cylindre, il est uniforme et commandé par un rouage d'horlogerie placé à l'intérieur (fig. 36).

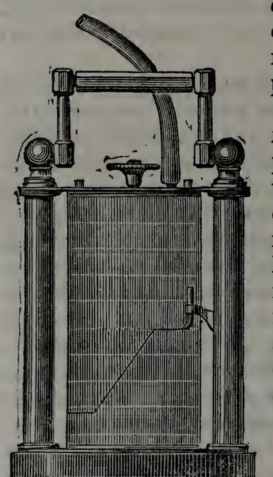


Fig. 36. — Odographe.

Chaque tour de roue fait avancer le style de la même quantité; or, comme un tour de roue correspond toujours à un même chemin effectué, plus la voiture marchera vite, plus la roue aura fait de tours en un temps donné et plus le style aura subi de petits mouvements de progression. Cette solidarité entre les mouvements de la roue et ceux du style est obtenue au moyen d'un petit excentrique placé sur le moyeu. A chaque tour, il se produit, par une pression sur un tambour à levier (fig. 38), une soufflerie qui, par un tube de transmission, fait échapper une dent d'un rouage de l'appareil et progresser le style d'une petite quantité.

Ainsi, plus la voiture ira vite, plus la ligne tracée montera rapidement; la pente comparée de divers éléments du tracé exprimera les variations de vitesse.

Si l'on veut connaître la valeur absolue du temps et du chemin, il suffit de savoir que chaque minute correspond, par exemple, à 1 millimètre compté horizontalement sur le papier et que chaque kilomètre correspond à un certain nombre de millimètres parcourus par le style dans le sens vertical; on détermine par une expérience ce nombre de millimètres qui est invariable pour la même voiture.

L'odographe mesure donc aussi le chemin parcouru, et dispense de se préoccuper de l'existence ou de l'absence de bornes kilométriques; il permet d'estimer la distance parcourue sur un chemin quelconque et de savoir quel est le chemin le plus court entre deux ou trois routes conduisant d'un point à un autre; actuellement, c'est à la montre que nous nous en rapportons, comme si la moindre durée d'un trajet correspondait toujours à la moindre distance.

Il permet aussi de comparer la vitesse des chevaux attelés : tel cheval marche-t-il mieux que tel autre? Celui-ci trotte-t-il mieux aujourd'hui qu'hier? En augmentant la ration d'avoine, accroîtra-t-on sa vitesse? En comparant la pente des courbes de vitesse obtenues avec l'odographe, on aura une réponse précise à toutes ces questions. »

Dynamomètre. — Le dynamomètre inscripteur de M. Morin, mesure la force exercée par l'attelage au moyen de deux ressorts qui s'écartent; ces

ressorts portent des crayons dont les traces se confondent lorsque le dynamomètre est au repos ; quand l'attelage se meut, l'un des crayons, attaché à la lame fixe, trace une ligne droite, tandis que l'autre, attaché à la lame mobile, trace des sinuosités représentant l'intensité variable des efforts exercés. Cette courbe se trace sur une feuille de papier qui se déroule d'une manière uniforme.

Ce type était exposé par M. Clair qui l'a construit le premier et par plusieurs autres constructeurs.

Le papier enregistreur suffit dans la plupart des cas; cependant, pour des expériences de concours, on peut avoir besoin de plusieurs courbes, et M. J. A. Grandvoinnet, professeur de génie rural à l'École de Grignon, s'est préoccupé de remplacer le papier par des plaques métalliques polies et vernies, et le crayon par des pointes d'acier pouvant laisser leur trace dans ce vernis. En creusant avec un acide les traits faits par les pointes, on obtient une gravure en creux dont on peut tirer des exemplaires pour chacun des concurrents. Le calcul du tirage peut se faire contradictoirement par différentes personnes, soit en calculant l'aire de la courbe, soit avec le planimètre, soit en pesant comparativement les courbes obtenues, tirées sur du papier d'épaisseur uniforme et découpées avec soin.

M. Clair avait construit et exposé le dynamomètre ainsi modifié par M. Grandvoinnet.

Dynamographe. — Ainsi que je l'ai indiqué plus haut, M. Marey s'est servi de cet appareil pour montrer l'influence de la traction élastique; il a obtenu

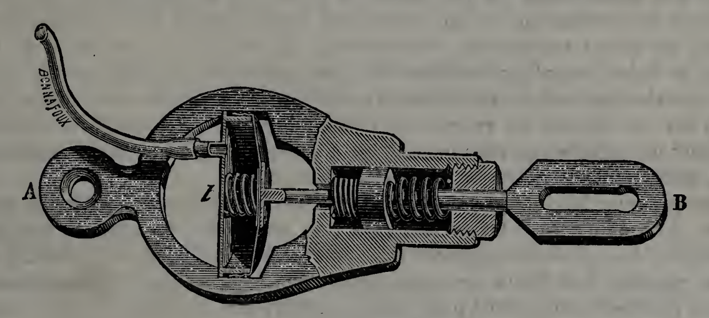


Fig. 37. — Dynamographe.

ainsi les courbes représentées fig. 33 et 34 et constatant une économie de travail qui s'est élevée jusqu'à 26 pour 100. Pour mesurer le tirage des voitures, on peut au lieu du dynamomètre se servir du dynamographe fig. 37, pour mesurer l'effort développé. J'emprunte à la Méthode graphique de M. E. J. Marey la description de cet appareil et du tambour à levier.

Le dynamographe, est un appareil dont les indications, transmises par un tube à air, s'inscrivent à distance, au moyen d'un tambour à levier, sur un cylindre tournant. L'appareil se compose d'une forte monture en fer munie de deux anneaux, dont l'un A s'applique à la force motrice et l'autre B à la résistance; ce dernier fait corps avec la tige d'un piston maintenu en équilibre entre deux ressorts à boudins, dont l'un, plus résistant, supporte tout l'effort de traction. De l'autre côté du piston, la tige se continue jusqu'à une membrane de caoutchouc qui ferme une caisse métallique formant tambour.

Toute traction sur la tige du dynamographe attire la membrane élastique et raréfie l'air de la caisse. Des alternatives de raréfaction et de compression de l'air contenu dans cette caisse, se produisent suivant que la force de traction

augmente ou diminue; cela donne naissance à une soufflerie qui se transmet à travers un tube de caoutchouc, jusqu'à un tambour à levier, appareil chargé d'inscrire sur un cylindre tournant les variations de l'effort.

Dans le tracé qu'on obtient ainsi, la courbe s'élève d'autant plus haut que l'effort de traction développé est plus énergique. On gradue l'instrument en le soumettant à des tractions connues et l'on construit l'échelle qui sert à en évaluer les indications.

Le tambour à levier fig. 38 ou appareil inscripteur se compose d'une capsule métallique munie d'un tube latéral et fermée par une membrane de caoutchouc mince et peu tendue. Sur cette membrane est collé un disque léger d'aluminium, du centre duquel s'élève une pièce à double articulation qui relie la membrane au levier inscripteur. La double articulation est nécessaire pour assurer la mobilité parfaite du levier; celui-ci, à l'une de ses extrémités, tourne librement autour d'un axe et présente une fente dans laquelle glisse l'axe supérieur de la bielle à double articulation qui le réunit à la membrane. Ce glissement a pour effet d'amplifier ou de diminuer l'étendue des oscillations et de varier ainsi la sensibilité de cet appareil. L'extrémité du levier est munie d'une pointe. En reliant par un tube de caoutchouc, le tube latéral du tambour du dynamographe, au tube latéral du tambour à levier qui sert de récepteur, l'extrémité du levier du tambour reproduit toutes les oscillations du ressort du dynamographe, mais en les amplifiant et trace sur un cylindre qu'un mouvement d'horlogerie fait tourner très-uniformément, une courbe représentant l'intensité des efforts.

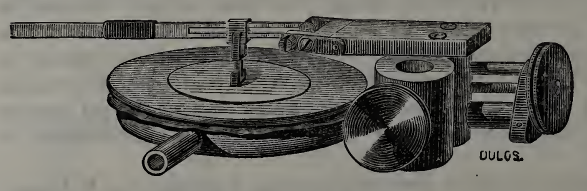


Fig. 38. — Tambour à levier.

Pour mesurer le chemin parcouru, on trace le nombre des tours de roue au moyen d'un tambour à levier actionné par une saillie du moyen; un tube de caoutchouc transmet la soufflerie à un autre tambour à levier inscrivant sur le même cylindre. Les tours de roues permettent de calculer très-exactement le chemin parcouru, en notant pour chaque expérience le diamètre de la roue qui actionne le tambour.

Les courbes sont obtenues sur du papier recouvert de noir de fumée, qui permet aux leviers terminés par des pointes très-déliées, de tracer les plus légères inflexions. On fixe ces courbes en passant le papier dans un vernis spécial et on peut ensuite en tirer des épreuves rigoureusemment exactes par les procédés de la photographie.

Résultats d'expériences sur le tirage des voitures. — L'expression de l'effort que le moteur doit exercer dans le sens parallèle au plan du terrain, supposé horizontal, est donné par les formules suivantes du général Morin.

Pour une voiture à deux roues :

$$F = f \frac{P \rho}{r} + A \frac{P + p}{r}.$$

Pour une voiture à quatre roues :

$$F = f \left(\frac{P' \rho'}{r'} + \frac{P'' \rho''}{r''} \right) + A \left(\frac{P' + p'}{r'} + \frac{P'' + p''}{r''} \right).$$

F = tirage ou effort exercé par les chevaux dans le sens parallèle au terrain.

f = coefficient de résistance au glissement des boîtes sur leurs fusées.

A = coefficient de résistance au roulement des roues sur le sol; ce coefficient est constant pour une même nature de terrain et une même largeur de bande; l'augmentation de la largeur de bande diminue le tirage sur les terrains compressibles et n'a pas d'influence sur les routes pavées.

(Voir les autres notations aux trois premières colonnes du tableau de la page suivante).

Sur le pavé la résistance croît avec la vitesse; l'augmentation est d'autant moindre que la voiture est moins rigide, mieux suspendue et la route plus unie.

M. Jeantaud m'a communiqué des résultats d'expériences dynamométriques relatifs à son omnibus et à trois autres voitures; il a adopté les coefficients suivants qui font concorder ses expériences avec les formules :

$f = 0{,}065$ pour les boîtes d'essieu patent graissés à l'huile;

A = 0,0095, pavés en grès secs;

A = 0,0090, pavés en porphyre;

A = 0,0060, macadam sec et en bon état;

A = 0,0050, asphalte.

J'ai inscrit dans ce tableau les résultats obtenus par M. Jeantaud; le tirage a été calculé avec les formules de M. Morin; les expériences ont été faites sur un pavé en grès sec, et une vitesse moyenne de $3^{m},30$ par seconde et sur une route en palier.

Les résistances au glissement et au roulement ont été calculées séparément pour le train d'avant, puis pour celui d'arrière en se servant des formules inscrites dans le tableau.

Ce tableau fait clairement ressortir combien la disposition des roues sous la charge est importante; ainsi dans l'omnibus où la roue du plus grand diamètre est appelée à supporter la plus grande partie de la charge, le rapport de la traction au poids total est de $\frac{1}{52{,}1}$ tandis que dans le mylord où les charges sont réparties presque également sur les roues d'avant et d'arrière, en tenant compte du petit diamètre de la roue d'avant, ce rapport est de $\frac{1}{46}$.

J'extrais quelques chiffres d'un rapport présenté à la Cie des Omnibus par M. Moreau-Chaslon. Des expériences ont été faites sur toutes les lignes de tramway et d'omnibus à 28 places avec le dynamomètre de MM. Morin et Poncelet construit par M. Clair (1).

La moyenne de l'effort de traction par 1000 kilog. est de 21 kilogr. sur les omnibus et de 10 kilog. snr les tramways; cet effort varie pour les omnibus de 14 à 22 kilog. sur le pavé et de 21 à 33 kilog. sur le macadam. La traction sur le macadam est donc, dans ces expériences, plus forte que celle sur le pavé, contrairement aux expériences précédentes; cette différence provient d'abord de ce que la valeur A = 0,006 se rapporte au macadam sec, tandis que les expériences sur les omnibus ont été faites dans la mauvaise saison, sur du macadam détrempé pour lequel la valeur A est bien plus considérable; puis aussi de ce que le poids par centimètre de largeur de bande de roue est bien plus fort pour les omnibus que pour les voitures de carrosserie; le macadam sec

(1) Voir aussi tome VII, p. 545

augmente ou diminue; cela donne naissance à une soufflerie qui se transmet à travers un tube de caoutchouc, jusqu'à un tambour à levier, appareil chargé d'inscrire sur un cylindre tournant les variations de l'effort.

Dans le tracé qu'on obtient ainsi, la courbe s'élève d'autant plus haut que l'effort de traction développé est plus énergique. On gradue l'instrument en le soumettant à des tractions connues et l'on construit l'échelle qui sert à en évaluer les indications.

Le tambour à levier fig. 38 ou appareil inscripteur se compose d'une capsule métallique munie d'un tube latéral et fermée par une membrane de caoutchouc mince et peu tendue. Sur cette membrane est collé un disque léger d'aluminium, du centre duquel s'élève une pièce à double articulation qui relie la membrane au levier inscripteur. La double articulation est nécessaire pour assurer la mobilité parfaite du levier; celui-ci, à l'une de ses extrémités, tourne librement autour d'un axe et présente une fente dans laquelle glisse l'axe supérieur de la bielle à double articulation qui le réunit à la membrane. Ce glissement a pour effet d'amplifier ou de diminuer l'étendue des oscillations et de varier ainsi la sensibilité de cet appareil. L'extrémité du levier est munie d'une pointe. En reliant par un tube de caoutchouc, le tube latéral du tambour du dynamographe, au tube latéral du tambour à levier qui sert de récepteur, l'extrémité du levier du tambour reproduit toutes les oscillations du ressort du dynamographe, mais en les amplifiant et trace sur un cylindre qu'un mouvement d'horlogerie fait tourner très-uniformément, une courbe représentant l'intensité des efforts.

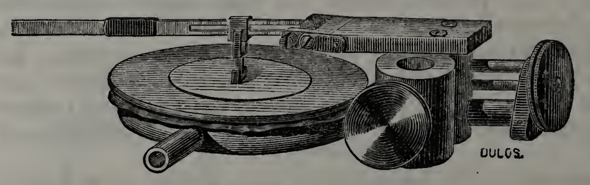


Fig. 38. — Tambour à levier.

Pour mesurer le chemin parcouru, on trace le nombre des tours de roue au moyen d'un tambour à levier actionné par une saillie du moyen; un tube de caoutchouc transmet la soufflerie à un autre tambour à levier inscrivant sur le même cylindre. Les tours de roues permettent de calculer très-exactement le chemin parcouru, en notant pour chaque expérience le diamètre de la roue qui actionne le tambour.

Les courbes sont obtenues sur du papier recouvert de noir de fumée, qui permet aux leviers terminés par des pointes très-déliées, de tracer les plus légères inflexions. On fixe ces courbes en passant le papier dans un vernis spécial et on peut ensuite en tirer des épreuves rigoureusement exactes par les procédés de la photographie.

Résultats d'expériences sur le tirage des voitures. — L'expression de l'effort que le moteur doit exercer dans le sens parallèle au plan du terrain, supposé horizontal, est donné par les formules suivantes du général Morin.

Pour une voiture à deux roues :

$$F = f\frac{P\rho}{r} + A\frac{P+p}{r}.$$

Pour une voiture à quatre roues :

$$F = f\left(\frac{P'\rho'}{r'} + \frac{P''\rho''}{r''}\right) + A\left(\frac{P'+p'}{r'} + \frac{P''+p''}{r''}\right).$$

F = tirage ou effort exercé par les chevaux dans le sens parallèle au terrain.

f = coefficient de résistance au glissement des boîtes sur leurs fusées.

A = coefficient de résistance au roulement des roues sur le sol; ce coefficient est constant pour une même nature de terrain et une même largeur de bande; l'augmentation de la largeur de bande diminue le tirage sur les terrains compressibles et n'a pas d'influence sur les routes pavées.

(Voir les autres notations aux trois premières colonnes du tableau de la page suivante).

Sur le pavé la résistance croît avec la vitesse; l'augmentation est d'autant moindre que la voiture est moins rigide, mieux suspendue et la route plus unie.

M. Jeantaud m'a communiqué des résultats d'expériences dynamométriques relatifs à son omnibus et à trois autres voitures; il a adopté les coefficients suivants qui font concorder ses expériences avec les formules :

$f = 0,065$ pour les boîtes d'essieu patent graissés à l'huile;

A = 0,0095, pavés en grès secs;

A = 0,0090, pavés en porphyre;

A = 0,0060, macadam sec et en bon état;

A = 0,0050, asphalte.

J'ai inscrit dans ce tableau les résultats obtenus par M. Jeantaud; le tirage a été calculé avec les formules de M. Morin; les expériences ont été faites sur un pavé en grès sec, et une vitesse moyenne de $3^{m},30$ par seconde et sur une route en palier.

Les résistances au glissement et au roulement ont été calculées séparément pour le train d'avant, puis pour celui d'arrière en se servant des formules inscrites dans le tableau.

Ce tableau fait clairement ressortir combien la disposition des roues sous la charge est importante; ainsi dans l'omnibus où la roue du plus grand diamètre est appelée à supporter la plus grande partie de la charge, le rapport de la traction au poids total est de $\frac{1}{52,1}$ tandis que dans le mylord où les charges sont réparties presque également sur les roues d'avant et d'arrière, en tenant compte du petit diamétre de la roue d'avant, ce rapport est de $\frac{1}{46}$.

J'extrais quelques chiffres d'un rapport présenté à la C[ie] des Omnibus par M. Moreau-Chaslon. Des expériences ont été faites sur toutes les lignes de tramway et d'omnibus à 28 places avec le dynamomètre de MM. Morin et Poncelet construit par M. Clair (1).

La moyenne de l'effort de traction par 1000 kilog. est de 21 kilogr. sur les omnibus et de 10 kilog. snr les tramways; cet effort varie pour les omnibus de 14 à 22 kilog. sur le pavé et de 21 à 33 kilog. sur le macadam. La traction sur le macadam est donc, dans ces expériences, plus forte que celle sur le pavé, contrairement aux expériences précédentes; cette différence provient d'abord de ce que la valeur A = 0,006 se rapporte au macadam sec, tandis que les expériences sur les omnibus ont été faites dans la mauvaise saison, sur du macadam détrempé pour lequel la valeur A est bien plus considérable; puis aussi de ce que le poids par centimètre de largeur de bande de roue est bien plus fort pour les omnibus que pour les voitures de carrosserie; le macadam sec

(1) Voir aussi tome VII, p. 545

NOTATIONS. Voitures à deux roues.	NOTATIONS. Voitures à quatre roues. Devant.	NOTATIONS. Voitures à quatre roues. Derrière.	DÉSIGNATIONS.	OMNIBUS.			LANDAU.			COUPÉ.			MYLORD.		
			Poids à vide		634			675			500			420	
			Nombre de personnes et leur poids. devant.	2	140		1	70		1	70		1	70	
			Nombre de personnes et leur poids. derrière.	6	420		4	280		2	140		2	140	
			Poids total en charge	8	1194		5	1025		3	710		3	630	
				Devant.	Derrière.	Totaux.	Devant.	Derrière.	Totaux.	Devant.	Derrière.	Totaux.	Devant.	Derrière.	Totaux.
			Répartition des charges totales.	372	822	1194	564	461	1025	315	395	710	288	342	630
p	p'	p''	Poids des roues	68	90		60	70		50	69		50	64	
P	P'	P''	Poids de la voiture et de sa charge, non compris le poids des roues	304	732		504	391		265	326		238	278	
ρ	ρ'	ρ''	Rayons des fusées	0.021	0.021		0.019	0.019		0.017	0.017		0.016	0.016	
r	r'	r''	Rayons des roues	0.48	0.60		0.475	0.575		0.45	0.55		0.425	0.525	
$G = f \frac{P\rho}{r}$.			Résistance au *Glissement* des fusées dans leurs boîtes	0.864	1.665	2.529	1.310	0.840	2.150	0.650	0.654	1.304	0.580	0.550	1.130
$R = A \frac{P + p}{r}$.			Résistance au *Roulement* des roues sur un pavé en grès sec	7.360	13.000	20.360	11.290	7.610	18.900	6.650	6.822	13.472	6.430	6.160	12.590
				8.224	14.665	22.889	12.600	8.450	21.050	7.300	7.476	14.776	7.010	6.710	13.720
Tirage $= G + R$.			Tirage. . . . kilog.	22.889			21.050			14.776			13.720		
Influence de la pente. $\pm (P + p) \frac{h}{l}$.			Effort de traction par 1000 kil		19.17			20.54			20.81			21.78	
h = pente totale sur la longueur l.			Rapport de la traction au poids total		$\frac{1}{52.1}$			$\frac{1}{48.69}$			$\frac{1}{48}$			$\frac{1}{45.99}$	

forme pour ces voitures, relativement légères, un sol incompressible; il en est tout autrement pour l'omnibus et la largeur de bande a alors de l'influence.

Les valeurs de A, qui font concorder avec les formules les expériences ci-dessus faites sur les omnibus à 28 places, sont les suivantes :

Sur le pavé la valeur de A varie de 0,0045 à 0,0070.
Sur le macadam — — 0,0067 à 0,0106.

Le coefficient A = 0,005 relatatif à l'asphalte donnerait pour l'omnibus à 6 places un effort de traction par 1000 kilog., peu supérieur à celui constaté pour les tramways ; ces expériences sont donc concordantes.

Séismographe. — M. Regray, ingénieur en chef du matériel et de la traction au chemin de fer de l'Est, avait exposé, à côté de son wagon à expériences, le séismographe construit dans son laboratoire et destiné à enregistrer les mouvements d'oscillation, sur des rails, des wagons en marche.

Mouvement transversal.
Mouvement longitudinal.
Mouvement vertical. . . .

Mauvais pavé. Fig. 39. — Bon pavé. Fig. 40. — Macadam sec. Fig. 41. — Asphalte sec. Fig. 42.

Grâce à l'obligeance de M. Regray, qui a bien voulu mettre cet appareil à ma disposition, j'ai pu faire des essais sur quelques voitures et obtenir des courbes dont j'ai représenté ci-dessus les principaux types.

Les oscillations et les chocs sont inscrits suivant trois directions perpendiculaires: on enregistre ainsi le *mouvement vertical*, le *mouvement longitudinal* dans le sens du tirage du cheval et le *mouvement transversal* ou roulis.

Les fig. 39 et 40 représentent les oscillations obtenues ainsi sur deux genres de pavés différents; la fig. 41 les représente sur le macadam et la fig. 42 sur l'asphalte. Ces courbes ont été obtenues avec une voiture ayant la triple suspension par l'emploi des bobines carrées en caoutchouc, et du double tasseau en caoutchouc (fig. 81).

On peut remarquer que, sur tous les terrains, les oscillations transversales sont plus fortes que les oscillations verticales, amorties par les ressorts et que les oscillations longitudinales dans le sens de la traction sont les plus faibles.

Ces courbes démontrent l'utilité de la suspension en tous sens ou triple suspension ; celles obtenues avec les voitures n'ayant que les ressorts généralement employés, ont des amplitudes plus considérables, indiquant que les voitures sont moins confortables.

Le séismographe, représenté en élévation fig. 43, et en plan fig. 44, se compose de trois pendules ; l'un C, placé horizontalement, est maintenu en équilibre par un ressort et agit sous l'action des chocs verticaux : les deux autres sont placés dans deux plans verticaux perpendiculaires, l'un A est dans le sens de l'axe longitudinal de la voiture, et l'autre B est dans le sens transversal; ils agissent, l'un sous l'influence des chocs en avant dans le sens du tirage, et l'autre sous l'action des chocs transversaux.

Ces trois pendules oscillent sous l'action des chocs et vibrations que ressent la voiture en roulant sur le sol et leur mouvement est transmis par un système de leviers à trois chariots très-légers portant chacun un crayon et guidés sur les rails *r r'*; un papier qui se déroule uniformément en passant sur deux cylindres D D' actionnés par un mouvement d'horlogerie H, reçoit la trace de ces trois crayons qui inscrivent des courbes indiquant l'amplitude des oscillations.

Fig. 43. — Séismographe (élévation).

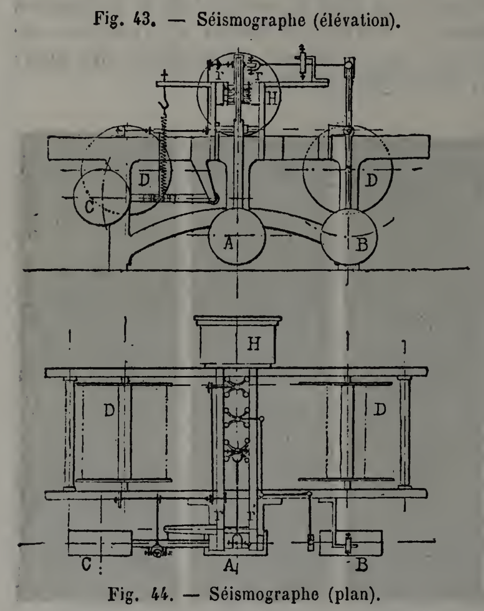


Fig. 44. — Séismographe (plan).

On peut avec une même voiture comparer les diverses parties d'une route, ou avec la même portion de route, comparer la douceur de voitures différentes ; pour cela, il faut les faire rouler par les mêmes chemins et sur une étendue assez considérable pour que les différences, provenant des obstacles rencontrés dans les divers sillons suivis par chaque voiture, deviennent inappréciables.

On peut donc, avec le séismographe, comparer les divers systèmes de suspension des voitures et garder avec les courbes enregistrées une trace écrite des résultats obtenus.

Des expériences simultanées faites avec ces trois appareils enregistreurs auraient un grand intérêt : elles fixeraient les constructeurs d'une manière indiscutable sur la valeur relative des différents modèles et de toutes les améliorations proposées et elles amèneraient certainement dans la construction des voitures des progrès analogues à ceux que le dynamomètre et l'indicateur de Watt ont amenés dans la construction des machines à vapeur.

Conclusion.

La carrosserie française, magnifiquement représentée à l'Exposition universelle de 1878, tient de l'aveu de tous les constructeurs la tête de cette industrie ; dans toutes les spécialités elle compte des artistes habiles et la France fournit en abondance les matières premières nécessaires à la fabrication des voitures.

Comme bon goût, élégance et fini, les voitures françaises sont sans rivales, et servent aujourd'hui de modèle, jusqu'en Amérique, de préférence au genre anglais.

D'après les journaux américains, « le style du travail français est hors ligne; » ils reconnaissent aux Anglais une grande recherche du confort et de la solidité et s'attribuent, avec raison pour leur genre spécial, la première place sous le point de vue de la légèreté unie à la solidité. Mais dans le genre européen, ils n'en sont encore qu'à la copie, et n'ont rien créé qui ait fait école.

Nous avons des progrès à faire sous le rapport de la légèreté et je signale dans ce sens l'emploi raisonné de l'acier, combiné avec celui du caoutchouc : l'acier pour diminuer le poids tout en conservant la même résistance; le caoutchouc pour amortir les chocs et permettre ainsi l'emploi, sans danger, de pièces trés-réduites, augmenter la souplesse et la durée des voitures et diminuer le tirage. Il y a beaucoup à faire dans cette voie dans laquelle j'ai signalé : les avant-trains en acier; la voiture de M. Urfer; les dessins de voitures en acier de M. Jeantaud; certains vélocipèdes et les systèmes de triple suspension que j'avais exposés.

Contrairement à ce qui s'est passé trop longtemps chez nous, les constructeurs américains ont compris que pour produire beaucoup, bien et à bon marché, il fallait spécialiser autant que possible les différentes parties de la voiture et ils se sont adressés aux fabricants de caisses, roues, ressorts, essieux, brides, etc., aussitôt que ces articles ont été bien contruits. Il en est résulté un développement considérable de ces fabriques spéciales, l'emploi de machines perfectionnées qui auraient été trop coûteuses pour une faible production, et en même temps un abaissement du prix de revient et une grande perfection dans le travail. Il est, en effet, hors de doute que le travail mécanique est infiniment plus précis que le travail à la main et qu'avec des ouvriers également habiles, des matières premières aussi bien choisies, on doit obtenir de meilleurs résultats.

En résumé, la carrosserie française tient le premier rang, suivie par les constructeurs américains et anglais; c'est en continuant à spécialiser, en restant au courant de tous les progrès et en répandant à profusion parmi nos ouvriers l'instruction technique, que les autres nations, à notre exemple, organisent chez elles, que la carrosserie française gardera cette place d'honneur.

Anthoni.

Légendes des planches.

Planche I.

Figures 45. Dog-cart charrette, exposé par M. Rousseau, de Paris.
— 46. Charrette (vue de côté), exposée par M. Kolber, de Buda-Pesth.
— 47. Charrette (vue en bout), exposée par M. Kolber, de Buda-Pesth.
— 48. Cab, exposé par M. Geibel, de Paris.
— 49. Duc, exposé par M. Levacher, de Rouen.
— 50. Duc, exposé par M. O. de Ruytter, de Bruxelles.
— 51. Spider, exposé par MM. Peters et fils, de Londres.
— 52. Buggy, exposé par M. Brewster, de New-York.
— 52 *bis*. Phaéton, exposé par M. Brewster de New-York.
— 53. Phaéton, exposé par MM. Jacobs et fils, de Philadelphie.
— 54. Phaéton, exposé par M. Thorn, de Norwich.
— 55. Victoria, exposée par M. Markoff, de Moscou.
— 56. Mylord, exposé par M. Planté, de Pau.
— 57. Mylord, exposé par M. Charcot, de Paris.
— 58. Cab français, exposé par M. Kellner, de Paris.
— 59. Coupé, exposé par M. Desouches, de Paris.
— 60. Calèche à huit ressorts, exposée par M. Binder, de Paris.
— 61. Landau, exposé par MM. Faurax frères, de Lyon.
— 62. Landau à huit ressorts, exposé par M. Binder aîné, de Paris.
— 63. Landau à cinq glaces, exposé par M. Boulogne, de Paris.

Planche II.

Figures 64. Landau à cinq glaces, à parallélogramme, exposé par M. Rebut, de Paris.
— 65. Coupé trois-quarts à panneaux et à glaces mobiles, système brev. s. g. d. g. de G. Anthoni, exposé par M. Charcot, de Paris.
— 66. Mail-Coach, exposé par MM. Million et Guiet, de Paris.
— 67. Omnibus à six places, exposé par M. Jeautaud, de Paris.
— 68. Omnibus à trois chevaux et à quarante places, exposé par la Compagnie des Omnibus de Paris.
— 69. Chariot pour matériel de guerre, exposé par MM. Sabon et Renault, de Paris.
— 70. Moyeu à rais entrelacés.
— 71. Moyeu, exposé par M. Seidle.
— 72. Jante creuse garnie de caoutchouc, de M. Surrey.
— 73. Bandage garni de caoutchouc, de M. F. Mulliner.
— 74. Bandage garni de caoutchouc, de MM. Jeantaud et Menier.
— 75. Vélocipéde, de MM. Renard frères.
— 76. Tricycle, de MM. Haynes et Jefferis.
— 77. Marchepied garni de caoutchouc.
— 78. Le même (vu en-dessus).
— 79. Système Rock. pour le relevage automatique des capotes de landau.
— 80. Ressort agissant sur l'arbre qui relie les compas, système Belvallette.
— 81. Essieu patent à battement élastique, avec bagues coniques et double tasseau en caoutchouc, système brev. s. g. d. g. de G. Anthoni.

NOTE COMPLÉMENTAIRE

Matériel et procédés de la télégraphie.

(*Classe* 65.)

La classe 65 comprenait le matériel et les procédés de la télégraphie électrique, de la télegraphie acoustique et pneumatique, de la télégraphie optique.

Télégraphie électrique. — Le matériel de la télégraphie électrique peut se partager en trois groupes principaux :

Les *piles*, et en général toutes les sources de courants; les *appareils*, c'est-à-dire, les manipulateurs, les récepteurs, les relais, les galvanomètres, les paratonnerres, les sonneries, etc.; le *matériel des lignes*, fils de fer et de cuivre, câbles servant à conduire le courant des piles aux appareils, poteaux de fer ou de bois, isolateurs en porcelaine, en verre, etc.

Ce qu'on recherche principalement dans les appareils télégraphiques, c'est une grande rapidité dans la transmission et des moyens de contrôle permettant de répondre aux réclamations des intéressés. Les télégraphes à signaux ont donc dû être abandonnés pour l'emploi exclusif des appareils écrivants.

Ces derniers sont de deux espèces : ceux qui impriment des signaux, points et traits, dont les combinaisons forment un alphabet, et ceux qui impriment des caractères. Ces divers appareils ont reçu depuis 1867 de nombreux perfectionnements ; d'un maximum de 25 à 28 dépêches on est arrivé à pouvoir envoyer sur le même fil 250 dépêches à l'heure.

Dans l'exploitation des chemins de fer, le télégraphe électrique rend d'immenses services; on n'a pas à redouter ici l'encombrement des lignes; les dépêches sont peu nombreuses ; aussi choisit-on de préférence les appareils dont la manipulation n'exige aucune éducation préalable. Facilité dans la manipulation, clarté dans la réception, telles sont les qualités qu'on recherche plutôt que la rapidité de transmission.

Le matériel des piles des lignes aériennes ou souterraines n'a été l'objet d'aucun perfectionnement qui mérite d'être signalé. La fabrication des câbles sous-marins est restée le monopole de l'Angleterre ; on n'a jusqu'alors établi en France, à Paris et à Toulon, que quelques câbles sous-fluviaux ou sous-marins de peu de longueur. Néanmoins la pose toute récente d'un câble transfluvial de gros modèle reliant le Havre à Honfleur et construit à Paris fait espérer que dans un avenir prochain l'industrie française pourra entreprendre la fabrication des formidables engins de la télégraphie transocéanique.

La télégraphie domestique n'a pas peu contribué au développement de l'industrie des appareils électriques. Il n'est plus en effet d'hôtel de quelque importance qui n'ait remplacé les anciennes sonnettes à tirage par des sonneries électriques avec tableaux indicateurs. Un grand nombre d'habitations particulières sont également pourvues d'installations semblables.

L'électricité s'applique encore à d'autres objets pour les indications à transmettre à de grandes distances : indications des niveaux variables d'un bassin,

de la course verticale d'un gazomètre, de l'ouverture ou de la fermeture de signaux de chemins de fer, etc.

Télégraphie acoustique et pneumatique. — Concurremment avec les sonneries électriques, on emploie dans les administrations et dans les maisons particulières de véritables télégraphes acoustiques appelés porte-voix. Un système particulier, fondé sur la transmission de la pression de l'air dans les tubes, remplace même souvent les appareils électriques pour les sonnettes d'appartement.

La pression de l'air a été utilisée aussi pour le transport des dépêches. C'est en Angleterre qu'a été faite la première application du transport des dépêches par le vide ou la compression ; le système qui a été adopté à l'origine et qu'on appelle le système *rayonnant* y fonctionne actuellement sur une grande échelle. En 1865, on a installé en France un système de transmission reposant sur le même principe, mais différent quant à la conformation du réseau ; on l'a appelé le système *polygonal*, et il a été depuis appliqué à Vienne, à Berlin et à Munich.

Le véritable télégraphe acoustique, capable de transmettre à grande distance toutes espèces de sons, y compris la voix humaine, est d'invention toute récente. C'est en effet l'Exposition de 1878 qui a la primeur de cette merveille. Le téléphone est appelé à recevoir de très-importantes applications.

Télégraphie optique. — La télégraphie optique est sans contredit, de tous es modes de correspondance à grande distance, le plus ancien. De temps immémorial on s'est servi de feux allumés sur le sommet des collines ou des montagnes pour transmettre certains avis ; depuis de longues années on emploie dans la marine les signaux de jour et les signaux de nuit ; c'est par eux que le commandant d'une escadre donne ses ordres, règle la marche et les manœuvres. Les signaux de jour se font avec des pavillons de couleurs variées et diversement placés; ceux de nuit avec des fusées, des lanternes de différentes couleurs, etc. Chacun de nous se rappelle le télégraphe des frères Chappe, qui a fonctionné en France depuis 1793 jusqu'en 1844 et qui a été détrôné par le télégraphe électrique? Quoique le domaine de la télégraphie optique se soit singulièrement restreint, on a imaginé dans ces dernières années des appareils nouveaux et d'une manœuvre facile, qui peuvent rendre de grands services soit à la marine, soit aux armées en campagne.

En résumé, l'industrie de la télégraphie, qui date en France de quarante ans à peine, emploie aujourd'hui un millier d'ouvriers, et utilise une force de 100 chevaux-vapeur, et a réalisé des progrès considérables.

FIN DU TOME SIXIÈME.

Paris. — Imprimerie Polytechnique de E. Lacroix, 54 rue des Saints-Peres.





